

مواد البناء واختباراتها

دكتور

مصطفى السيد شحاته

المساعد المدرس المساعد
جامعة الاسكندرية

اهداءات ٢٠٠٢

أميرة المصباحس / حامد العوا

الاصحاحية

مواد البناء واختباراتها

إهداء

من

مهندس حامد العوا

من ١٩٤٦ إلى ٢٠٠٢

إلى مكتبة الاسكندرية

دكتور

مصطفى السيد شحاته

أستاذ الهندسة الإنشائية
جامعة الإسكندرية

تسير امتنا العربية هذه الأيام بخطى واسعة ثابتة نحو التصنيع والانشاء والتعمير مستمينة في ذلك بأصول التكنولوجيا الحديثة • كما أن هناك جهود كبيرة تبذل لتطهير المواد الهندسية المختلفة لتحسين خواصها الميكانيكية لتقاوم مع الزمن ما تتعرض له من أحوال وقوى استاتيكية وديناميكية وما تتعرض له من عوامل مختلفة سواء كانت جوية أو كيميائية مع الالتزام بالموصفات القياسية للمواد •

ولقد حاولت في هذا الكتاب أن أجمع فيه خواص مواد البناء المختلفة واختبارات المعالجة الخاصة بها حسب المواصفات القياسية لستمعين بها المهندسون المدنيون أو المعمارى في تحديد خواص مواد البناء واختيار احسن هذه المواد وأصلحها للعمل الانشائى المقترح القيام به وحث يتوخى له المقاومة اللازمة لتحصل الأحوال المواترة عليه مع مراعاة الوفرة في التكاليف •

وأرجو أن يكون هذا الكتاب احد المراجع اللازمة للمهندسين وططلاب الهندسة في جميع اقطار امتنا العربية وأن يمكننى الله دائما حاضرا ومستقبلا من تقديم ما استطيع الى أبناء هذا الوطن العظيم مصر وأبناء الوطن العربى مما استطيع حله وجمعه من العلم •

وأخيرا أريد أن أعبر عن عظيم شكرى وتقديرى لاساتذتى بقم الهندسة الانشائية طمة وأستاذة مقاومة المواد خاصة بكلية الهندسة بجامعة الاسكندرية وكلية الهندسة بجامعة عين شمس — اساتذتى الذين لمست فيهم العلم الكثير والخلق القوي وأدين لهم بما احصل الان من علم وزداد ايمانى بفضلهم يوما بعد يوم •

الفهرس

رقم الصفحة

.....	الباب الاول احجار البناء
٦	استخدامات أحجار البناء
٦	تجهيز أحجار البناء
٧	تقسيم الاحجار
١٢	اختيار الاحجار
١٥	خواص أحجار البناء
١٩	اختبارات الاحجار
١٩	اختبار التحم البصرى
٢١	اختبار مقاومة الضغط
٢٨	اختبار الانتصاص للاحجار
٣١	اختبار الانكماش عند الجفاف
٣٣	اختبار المقاومة للتآكل والبرى
٣٥	اختبار نماذية الاحجار
٣٧	اختبار المقاومة لتأثير الكيماويات
٣٩	اختبار الوزن الحصى والوزن النوعى للاحجار
	الباب الثانى ركام الخرسانة -
٤٦	تقسيم الركام
٤٥	التدرج الحبيبي
٦٠	التدرج الحبيبي الشامل
	طريقة حساب نسبة خلط ركام صغير : ركام كبير (م : ن)
٦٦	للحصول على ركام خليط له تدرج معين

رقم الصفحة

٨٦	..... تعيين المساحة السطحية لحبيبات الركام
٩٨	..... اختبارات المركبام
٩٨	..... اختبار التدرج الحبيبي للركام
١٠٥	..... اختبار الوزن النوعي للركام الكبير والصغير
١٠٧	..... اختبار تعيين وزن المتر المكعب من الركام الكبير والركام الصغير
١١٠	..... اختبار تعيين النسبة المئوية للزواقات
١١٢	..... اختبار تعيين كمية الطين والمواد الناعمة بالرمل
١١٦	..... اختبار تعيين كمية التوائب المعشوية بالرمل
١١٨	..... اختبار الزيادة الحجمية للرمل
١٢٢	..... اختبار مقاومة الركام الكبير للاحتكاك والسبري
١٢٤	..... اختبار مقاومة الركام الكبير للتهشم
	<u>الباب الثالث : الاسمنت</u>
١٢٦	..... طرق صناعة الاسمنت
١٣٤	..... التركيب الكيميائي للاسمنت وذوائمه الكيميائية
١٣٦	..... الخواص الميكانيكية والطبيعية للاسمنت البورتلاندى
١٤٤	..... أنواع الاسمنت البورتلاندى
١٥٢	..... اختبارات الاسمنت
١٥٢	..... اختبار النعومة للاسمنت
١٥٩	..... اختبار الوزن النوعي للاسمنت
١٦١	..... اختبار تعيين كمية الماء اللازمة لتشكيل عجينة الاسمنت القياسية
١٦٦	..... اختبار تعيين زمن الشك الابتدائي وزمن الشك النهائي للاسمنت
١٧١	..... اختبار مقاومة الغرط للاسمنت
١٧٦	..... اختبار مقاومة الشد للاسمنت - سريع التصلد بعد يوم واحد
١٨١	..... اختبارات الحجم للاسمنت

رقم الصفحة

١٨٥	..... الجير
١٨٥	..... أنواع الجير
١٨٦	..... صناعة الجير
١٨٩	..... اطفاء الجير
١٩١	..... الجير المائي
١٩٢	..... استعمالات الجير
١٩٤	..... طرق اختبارات الاجيار
١٩٦	..... اختبار النعومة للجير
١٩٨	..... اختبار المتخلة من الجير بعد الاطفاء
٢٠١	..... اختبار تقدير الناتج الحجمي للجير
٢٠٥	..... اختبار القابلية للتشغيل للجير
٢٠٩	..... اختبار تمدد الجير
٢١٥	..... <u>الجبس</u>
٢١٥	..... صناعة الجبس
٢١٦	..... أنواع الجبس
٢٢١	..... اختبارات الجبس الصناعي
٢٢١	..... اختبار درجة النعومة
٢٢٣	..... اختبار تعيين كمية الماء اللازمة لعمل عجينة قياسية للجبس
٢٢٦	..... اختبار تعيين زمن الشك للجبس
٢٢٩	..... اختبار معايير كسر الانحناء للجبس
	..... <u>الباب الرابع : الطوب</u>
٢٣٨	..... طريقة صناعة الطوب
٢٤١	..... أنواع الطوب
٢٤٨	..... الاختبارات الطبيعية والكيميائية لطوب البناء

رقم الصفحة

٢٤١	اختبار الانحناء والمسامية الظاهرية للطوب
٢٥٢	اختبار الانكماش عند الجفاف
٢٥٤	اختبار مقاومة الضغط للطوب
٢٥٧	اختبار الترهيل للطوب
٢٥٩	<u>الباب الخامس : الاخشاب</u>
٢٦٠	نمو الاشجار وتكوين الاشجار
٢٦٤	العيوب الطبيعية ونشأتها بالاشجار
٢٦٧	تجفيف الاخشاب
٢٧١	العوامل المتلفة للاخشاب
٢٧٥	الكميويات المستعملة في حفظ الاخشاب
٢٧٧	الطرق المستخدمة في حفظ الاخشاب
٢٧٩	تصنيع الاخشاب
٢٨٢	طرق اختبارات الاخشاب
٢٨٧	اختبار محتوى الرطوبة
٢٨٩	اختبار مقاومة الانغصاف للخشب
٢٩٥	اختبار مقاومة الشد للخشب
٢٩٩	اختبار مقاومة الانحناء الاستاتيكي للخشب
٣٠٦	اختبار صلابة العلامة بطريقة جانكسا
٣٠٨	اختبار القص في اتجاه مواز لترتيب الالياف
٣١١	اختبار الصدم للخشب

المواد الغير معدنية

الباب الاول

أحجار البناء

Building Stones

١ - استخدامات أحجار البناء :

تستخدم أحجار البناء في بناء حوائط المباني والمدود وكبرواز الارصفة
ولبناء الحوائط الماندة (Retaining Walls) وتستخدم كـ
الأحجار في رصف الطرق وكركام للخرسانة وأعمال المكك الحديدية .

٢ - تجهيز احجار البناء :

يتم تجهيز احجار البناء للاستخدامات المختلفة على مرحلتين ففي المرحلة
الأولى يتم فيها استخراج الأحجار من المحاجر وفي المرحلة الثانية
تشكل هذه الاحجار حسب الغرض الذي تتمعمل فيه هذه الاحجار .

١ - التحجير :

يتم في هذه العملية استخلاص الأحجار من المحاجر بأحدى الطرق

الآتية :-

(١) النصف :

وتجهز ثقب بالصخر على مسطحة وتلأ بالمفجرات المناسبة لفصل كتل
الأحجار المطلوبة . وتتمعمل هذه الطريقة للأحجار عديدة الصلادة

والأحجار المستخلصة تكون حجارة مكسرة بأحجام مختلفة .

(٢) عمل مجارى مخفورة بالأحجار :

تختر مجارى رأسية بالأحجار بمحق ٣ الى ٤ متر وطى مسافات مناسبة ثم تملأ بخوابير خشبية وقد يملأ بالماء تزداد هذه الخوابير فى الحجم وتعمل على فصل الأحجار وتستخدم هذه الطريقة للأحجار الضعيفة وتمطى أحجار منتظمة الشكل .

(٣) باستعمال المناشير :

تستعمل فى بعض الأحيان مناشير مثبتة فى ماكينات خاصة تمرير على قضبان توضع بالحجر وأثناء حركة هذه الماكينات تقوم المناشير بقطع الأحجار فى اتجاه رأسى ثم اتجاه أفقى والأحجار المستخلصة تكون ذات أبعاد منتظمة (٢٠ × ٢٠ × ٤٠ سم) و (٢٠ × ٢٠ × ٨٠ سم) أو أى أبعاد أخرى مطلوبة .

ب - التشكيل والتسوية النهائية للأحجار :

يجرى تشكيل المطح النهائى للأحجار يدويا أو باستخدام مناشير وأجهزة تسوية ومخارط (وأجهزة تجلوخ) خاصة يمكن تسوية مططح الأحجار ليعير خشنا أو ناعما حسب الدرجة المطلوبة وحسب نوع الأحجار واستعمالاتها .

تقسيم الأحجار :

يمكن تقسيم الأحجار حسب الخواص الجيولوجية أو الطيفية

أو الكيمائية كالأتسسى :

١ - التقسيم الجيولوجىسى :

يمكن تقسيم الأحجار من الناحية الجيولوجية كالأتسسى :-

أ - صخور نارية : وهى صخور تم تكهنها فى باطن الأرض تحت

تأثير ضغط طالى ودرجة حرارة طالية ومن أمثلة هذا النوع
الجرانيت والبازلت .

(١) الجرانيت : تكهنه :

يتكون الجرانيت من الكوارتز والفلصبار وكميات مختلفة من الميكا
والهوبرنبلند وتكهن جسمه منتظم وقد يحوى على جفتات دققة
أكبرة حسب درجات الحرارة والضغط التى صادفت تكهنه ، وهو من
الأحجار شديدة الصلادة والمتانة يقاوم التآكل وساميته لا تزيد عن
١ ٪ ووجود نسبة الميكا به أو المواد الغريبة وخاصة الحديد ينسبته
طالية يضعف من قوة تحمله ولا يستطيع مقاومة تأثير النار وخصوصا مع الماء .
استعمالاته :

يستخدم فى أعمال الديكور وصل السلاالم نظرا لصلادته
وقوته . يمكن استخدام كسر حجر الجرانيت كركام للخرسانة ولكنه باهظ
التكاليف .

(٢) البازلت : تكهنه :

يتكون من الفلصبار المتناثر والهوبرنكسين مع كمية قليلة من الكوارتز

وحبيباته دقيقة ولونه يداى أو أسود .

استعمالاته :

يستخدم فى أعمال الصرف ، يمكن استعمال كسر البازلت فى أعمال
المكك الحديدية وكركام للخرسائه .

ب - صخور رسوبية :

وهى صخور تم تكهنها من طينى نقلها ثم ترسيبها اما بالهياج او مياه
الانهار والاطار ثم التصاقها ببعضها البعض ولهذه الصخور مستحاثات
ترسب ومستحاثات افعال يعتبر الحجر الجيري والحجر الرملى من الصخور
الرسوبية .

(١) الحجر الجيري : تكهنه :

يتكون من كربونات الكالسيوم او كربونات الكالسيوم والمنجيز وذلك مع
بعض مواد أخرى مثل أكسيد الحديد والعلوكا والطين ولكن بنسب قليلة
وانا زادت به نسبة العلوكا يسمى حجر جبرى سيلسى وانا زادت به نسبة
الطين يسمى حجر جبرى طينى يسمى حجر منجيز انا زادت به نسبة المنجيز
من ١٥ ٪ وهو سهل التفتيل يقاوم الحرارة حتى ٩٠٠ درجة مئوية
والماء والحرارة متلفة جدا له وكمية الحديد شائعة غير مرغوب فيها فبببب
تبقعه باللون البنى وتكون به حاض الكبريتيك الفار بالكربونات .

استعمالاته :

يستخدم فى أحجار البناء وصناعة المواد الحديدية والاسمنت

- محتمل كسره كركام في الأقال الخراسانية •
(٢) الحجر الريلي : تكهنه :

يتكون من حبيبات ريلية تم ترسيبها ثم التصاقها ببعضها بواسطة
الصليكا او كربونات الكالسيوم أو أكسيد الحديد أو المواد الطينية ولذلك
يختلف الحجر الريلي في لونه وصلادته وثباته • فوجود الصليكا يجعل لونه
فاتح وزيد من صلادته وصعوبة تشغيلة وسمى حجر ريلي سهل يسي • أما
وجود كربونات الكالسيوم به كمادة لاصقة تجعل لونه فاتح أيضا ولكن تقلل من
ثباته وتسهل عملية تشغيله • أما وجود أكسيد الحديد فمطلبه لون أحمر
أو بني يقلل من صلادته وثباته • ووجود الطين به يجعله ضعيف سهل
القطع والتفتت • ولذلك تتوقف خواص هذا الحجر على حجم حبيباته وطبسى
نوع وكمية المادة اللاصقة لحبيباته وتحمل درجة الحرارة حتى ٨٠٠ درجة
مئوية وللحرارة العالية والماء تأثير سي عليه •

ج - صخور متحولة :

وهى اما صخور نارية او رسوبية ثم تحت تأثير الضغط والحرارة
تحولت الى صخور متحولة ومن أمثلة الصخور المتحولة الرخام فأصله حجر جبرى
تغير تكهنه بتأثير الحرارة والضغط •

- (١) الرخام : تكهنه :

يتكون أصلا من كربونات الكالسيوم والتي أعيد تبلورها بعد انصهارها
وتجديد ها ببطء نتيجة للتمرض لضغط كبير وهو سهل التشغيل • ونتيجة لوجود
المواد الغريبة المختلفة به يوجد بألوان متعددة •

- فوجود اللمينيت به يعطى اللون الأصفر .
- ووجود أكسيد الحديد به يعطى اللون الأحمر .
- وجود المواد البهيمينية به يعطى اللون الأسود أو الرمادي .
- ووجود الجلوسينيت يعطى اللون الأخضر .

استعمالاته :

يستعمل فى أعمال الديكور ، ونظرا لمقاومته للاحتكاك يستعمل كدرج للملالم
وهو ذو اعمار طويلة .

٢ - التقسيم الطبعمى :

يتكون هذا التقسيم حسب تكون جسم الصخر :

أ - صخور طبقية :

وهى صخور ترسبت فى طبقات أفقية أو مائلة أو منحنية تبعاً لطرفى الترسب
مثل الحجر الرابى .

ب - صخور غير طبقية :

وهى صخور تكونت من جزئيات التفتت واتحدت مع بعضها لتكون الصخر
مثل الجرانيت والهازلست .

٣ - التقسيم الكيمائى :

وهو يكون هذا التقسيم حسب التركيب الكيمائى للصخر :

أ - صخور - باليسينية :

وتتكون رئيسيا من الحليكا (ثاني أكسيد السليكون) مثل الحجر الرملى .

ب - صخور طينية :

وتتكون من مواد طينية مثل سليكات الألمنيوم والسوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم
مثل الحجر الطينى .

ج - صخور جيرية :

وتتكون رئيسيا من كربونات الكالسيوم وأحيانا متحدة مع المغنسيوم مثل الحجر
الجيرى والرخام .

اختيار الاحجار :

يجب أن يراعى عند اختيار الاحجار للاغراض الانشائية المختلفة أن يتوفر
فيها الاتى :

- (١) حسن المنظر وقلة التكاليف .
- (٢) القدرة على تحمل التغيرات الجهدية من حرارة ودرجة رطوبة والماء
الكيميائية الموجودة بجسم المصانع .
- (٣) القوة والمتانة المتأدية للفرض المتضمنة فيه هذه
الاحجار .

يجب عند اختيار أحجار البناء القيام بالدراسات الاتية :

أ - التفتيش على الاحجار بالمعجر :

يجب فحص الأحجار بالحجر لمعرفة نوعها وتكوين الحجر ومقاماته التى

يمكن الحصول عليها ودى تحمله للرطوبة أو الماء ومقاومته للعوامل الجوية واختبار الاحجار التى لها القوة والصلابة والثبات المتناسبة وكما ان الاختبار المستى يمكن للمحجر امداد الموقع بها والزمن اللازم لذلك .

ب - التفتيش على الأحجار فى المنشآت التى تم انشائها :

هكون ذلك لمعرفة مدى تحمل هذه الأحجار للعوامل الجوية المختلفة ومعرفة تأثير التربة عليها ودى مقاومتها للتفتت .

ج - الاختبارات المعملة على الاحجار :

يجب اجراء الاختبارات المعملة الآتية على الاحجار لمعرفة خواصها الطبيعية . والكيميائية والميكانيكية :

- ١ - اختبار الفحم الحصى المسمى
- ٢ - اختبار مقاومة الضغط
- ٣ - اختبار الامتصاص
- ٤ - اختبار الانكسار
- ٥ - اختبار الوزن النوعى ووزن المتر المكعب .
- ٦ - اختبار نفاذ الماء .
- ٧ - اختبار المقاومة لتأثير الكيماويات .
- ٨ - اختبار التحليل الكيماوى للاحجار .
- ٩ - اختبار المقاومة للتآكل .

ومن هذه الاختبارات يمكن معرفة خواص الأحجار من شكل وحجم الجزيئات ودى

تداخلها والتصاقها ومكونات الحجر الكيماوية وقوته وصلادته .

جسٹریٹری (۱)
متوسط بعض خواص الانواع الرئيسية لأشجار البساتين

نسبة الاجسام	قوة الضغط كجم /سم ^۲	مقاومة الحشرات كجم /سم ^۲	مقاومة البرودة طن /سم ^۲	السوقن طن /سم ^۲	النسبة المئوية للمساقية	مقابل التدهور x ۱۰ لكل درجة تغير في سم
الجزائري	۱۹۰۰ - ۲۲۰۰	۸۵ - ۲۸۰	۴۰ - ۷۰۰	۲۵ - ۲۸۵	صفر - ۱%	۲,۱ - ۲,۲
المصري	۲۰۰ - ۱۴۰۰	۳۵ - ۳۱۰	۲۸۰ - ۱۰۸۰	۲,۲ - ۲,۷	۲,۲ - ۲,۳%	۲,۲ - ۲,۳
الريفي	۷۰۰ - ۱۸۰۰	۷۰ - ۲۸۰	۲۸۰ - ۶۵۰	۲,۶ - ۲,۷	۲,۲ - ۲,۳%	۲,۱ - ۲,۲
الليبي	۵۰۰ - ۱۴۰۰	۳۵ - ۱۷۵	۷۰ - ۵۲۵	۲,۱ - ۲,۶	۵ - ۲۸%	۲,۲ - ۲,۳

خواص أحجار البناء :

أ - الثباتية : هي مقاومة الأحجار للعوامل الجوية ، وتوقف ثباتية أحجار البناء على تركيبها وتركيب نسجها وتعتبر محتويات الاتصال مسن العوامل التي تقلل الثبات كما أن أحجار البناء ذات الجزيئات الكبيرة أفضل ثباتية من الأحجار ذات الجزيئات الصغيرة وكلما كثرت الفراغات والمسام بالأحجار قلت ثباتيتها .

والأحجار الألبينية والأحجار الجيرية توتر عليها العوامل الجوية بسرعة ، أما الأحجار الميلسكية فهي أكثر مقاومة للتفتت ووجود أملاح الكبريتور ومركبات الحديد غير مرغوب وجودها فهي تقلل الثباتية .

ب - الامتصاص : هو نسبة الماء التي يمكن أن يمتصها الحجر الجاف في ٢٤ ساعة (وهذه النسبة منسبة إلى وزن الحجر الجاف)

$$\text{الامتصاص} = \frac{\text{وزن المونة الرطبة} - \text{وزن المونة الجافة}}{\text{وزن المونة الجافة}} \times 100$$

فكلما زادت مسامية الحجر زادت خاصية الامتصاص ، وكلما زادت مقاومة الضغط للأحجار قلت خاصية الامتصاص ، فالأحجار النارية والمتحولة لها خاصية امتصاص لا تتعدى ١ ٪ وتزداد هذه القدرة في الأحجار الرسوبية كثيرا إذ تبلغ قدرة الأحجار المبلطة على الامتصاص ١٠ أمثال الأحجار النارية وتزداد عن ذلك بالنسبة للأحجار الجيرية .

التمدد والانكماش :

تتمدد الأحجار بالحرارة وتنكمش بالبرودة ولكنها لا تعود لحجمها الأصلي

بعد التجهد وقد أظهرت التجارب أن هذه النهاية في الحجم بعد التبريد تتراوح بين ٢.٠ ٪ إلى ٤.٥ ٪. ويختلف معامل التمدد من حجر إلى آخر.

جدول (٢)
معامل التمدد

نوع الحجر	معامل التمدد لكل درجة فهرنهايت
جرانيت	٠.٠٠٠٠٠٠٣١١ - ٠.٠٠٠٠٠٠٤٠٨
حجر رملى	٠.٠٠٠٠٠٠٥٠١ - ٠.٠٠٠٠٠٠٦٢٢

المقاومة للحريق :

تتأثر الاحتكاك به درجات الحرارة العالية وحدوث بها ثغرت نتيجة حدوث إجهادات داخلية أو خلافاً تسخين جزء من آخر وعدم انتظام التمدد . ومقاومة الجرانيت للحريق ضعيفة جداً نتيجة عدم انتظام تركيبه (يتكون من ٣ عناصر أو أكثر) أما الحجر الجيري فيتحمل الحرارة حتى ٦٠٠ ° مئوية درجة ابتداء تحلله وتفتته وتآثر الحجر الرملى أيضاً بالحريق فالحجر الرملى الذى تكون مادته اللاصقة السليكا أو كبريتات الكالسيوم يتقاوم تأثير الحريق أكثر من الحجر الرملى الذى تكون مادته اللاصقة أكسيد الحديد أو الفسفين .

المقاومة للصقح :

تتفتت الصخر بفعل الصقح إذا كانت نسبة الرطوبة بها عالية قبل التبريد لدرجة التجمد لنهاية حجم الماء داخل فراغات الحجر عند التجمد يحدث هذا

التفتت بوضوح في الأحجار الضخمة •

تفتت الأحجار :

هناك ثلاث عوامل تساعد على تفتت الأحجار :

١ - عوامل ميكانيكية :

رفع درجة حرارة الحجر ثم التبريد وكذلك مياه المطر والجليد تمتص

عوامل ميكانيكية تعمل على تفتت الحجر •

ب - عوامل كيميائية :

تتبع جو بعض المعادن بالمواد الكيميائية وخاصة حامض الكبريتيك وحامض

النيتريك وحامض الكربونيك يساعد على تفتت الأحجار •

ج - عوامل حيوية :

نمو النباتات ووجود البكتريا والديدان وبعض الحشرات الحيوانية

تعمل على تواجد أحماض عضوية تساعد على تفتت الأحجار •

كما ان هناك عوامل أخرى قد تساعد على تفتت الأحجار

يمكن تلخيصها في الاتي :

(١) تأثير عملية التجميد •

(٢) تأثير عملية تجمده وتكبله •

(٣) تأثير عملية وضعه في مكانه بالنفس •

(٤) تأثير عملية حيازة الأحجار من المياه أو الظروف المتلفة من هـ بها •

حفظ سطح الأحجار من التلف :

تحفظ الأحجار من التلوث ، بتغطيتها بطبقة من البياض بسك ٢-٣ سم
ثم بتغطية طبقة البياض بطبقة من دهانات الزيت أو الجير . وفي بعض
الاماكن مثل المطابخ والحمامات يفضل تغطية الحائط بالقيشانو أو السيراميك
لحمايتها من تأثير المياه .

الخواص الميكانيكية :

تعتبر مقاومة الأحجار للشد صغيرة جدا وهي تستخدم غالبا
لتحمل أحمال ضغط فقط تختلف مقاومة الأحجار في الضغط على حسب أنواعها
كما في الجدول رقم (١) فكلما زاد وزن الحجر كلما زادت قوته تحمله للضغط .
يمكن دراسة خواص الحجر الميكانيكية بواسطة اجراء الاختبارات
الآتية :

اختبارات الأحجار

(١) اختبار الفحص البصرى

Visual Inspection Test

يعطى الفحص البصرى لسطح الحجر فكرة جيدة عن تكوينه وملوكه هذا الحجر عند استعماله كمادة بناء، ويجرى هذا الفحص إما بالعين المجردة أو بمعدسة مكبرة أو ميكروسكوب على سطح كسر حديث في الحجر أو بالمجهر على قطاعات ومبعدة من الحجر ذات سطح مستوى معقول ويجب أن يتضمن الفحص البصرى الآتى :

أ - نسيج الحجارة : Texture

الأحجار التى تشتمل في البناء يجب أن تكون ذات نسيج متجانس خالصة من الشروخ والفجوات .

ب - لون الحجارة : Colour

يجب أن يكون لون الحجر متجانس حيث أن وجود بقع يلون فيه من لون الحجر يعبر عن وجود مواد ضعيفة او مركبات حديدية أو طينية .

ج - التركيب البنائى للحجارة : Structure

أما أن يكون بلورى مثل الجرانيت والبازلت والرخام أو حبيبي مثل الحجر الجيري أو الحجر الرملى .

د - معرفة حجم وترتيب الحبيبات في الحجارة الرسوبية وشكل ترتيب البلورات في الحجارة البلورية ووجود الشوائب التى تعمل على تفكك الحجر .

الناقشة Discussion

- (٢) أذكر كيف يجرى الفحص البصرى للحجسارة ؟
- (٣) ما هى الاعتراضات الواجب توافرها فى عنة الاختبار ؟
- (٤) ما هى النتائج التى يظهرها الفحص البصرى لكل ما يأتى :
- نمج الحجر Texture of Stone
 - لون الحجر Colour of Stone
 - التركيب البنائى للحجر • Structure of ST.
 - حجم وحالة الجشثات والبلورات المكونة للحجر •

* *

*

(٢) اختبار مقاومة الضغط Compressive Strength Test

تجرى هذه اختبارات على أحجار البناء لتمرنة مقاومتها للأحمال المختلفة ومن أهم هذه الاختبارات اختبار المقاومة للضغط ومع أن الحل الذي تتمرض لـه المنشآت الحجرية أقل بكثير من حل التهشيم إلا أن المقاومة القصوى للضغط تعطى فكرة عن أغلب خواص الحجر مثل مقاومته للمعامل الجهة المثقبة والنفاذية والامتصاص والمقاومة للبلى أى تعطى فكرة من سلوك الحجر كمادة بناء .

ونادراً جداً ما يجرى اختبار المقاومة للشد على الحجارة لأن مقاومة أنواع الأحجار المختلفة للشد تكاد تكون معدومة . وفى بعض الأحيان يجرى اختبار الفحم واختبار الانحناء للحجارة وذلك فى حالة استعمالها فى حل درجات السلال وأعتاب الشبابيك والأبواب وكوابيل البلكونات .

الفرض من الاختبار :

معرفة سلوك الأحجار المختلفة تحت تأثير قوى الضغط وتحديد اتجاهات التفتيح واتجاه الكسر للمعينات المختلفة وملاحظة شكل الكسر .

معدات الاختبار :

يجرى الاختبار على مكعبات $10 \times 10 \times 10$ سم أو منشورات ذات قاعدة مربعة 10×10 سم وارتفاعها ضعف طول ضلع قاعدتها مع ملاحظة أن تكون أوجه المعينة ممتصة ولساء وعمودية على محاور المعينة وثالها ما تعطى

أسطح التحميل بواسطة من مؤنة الأسمنت والبول بنمية ١ : ١ أو عينة
الجس لضمان استواء أسطح التحميل لتفادي حدوث تركيز للحمل وضمان انتظام توزيع
الحمل على هذه الأسطح يمكن استعمال عينات اختبار اسطوانية الشكل وارتفاعها
ضعف قطر مقطع الاسطوانة •

أجهزة الاختبار :

مسطرة قياس - ميزان حساس - ماكينة اختبار الضغط •

خطوات الاختبار :

- (١) تجهيز العينة بالشكل والمقاسات المطلوبة •
 - (٢) قياس أبعاد العينة ووزنها •
 - (٣) وضع العينة بين فكي ماكينة الاختبار مراعى انطباق محور العينة على
محور التحميل الخاص بماكينة الاختبار •
 - (٤) تحميل العينة بحمل الضغط ببطء حتى يحدث تشقخ ثم تهفيسهم
للمينة •
 - (٥) يسجل كل من حل التشقخ وحمل التهفيس •
- كما يجب تسجيل وضع مستويات الترسب لمحور التحميل ولاحظ
أن الكسر غالباً ما يكون مائلاً بزاوية θ على الأفق

حيث :

$$\frac{\phi}{\gamma} + 45 = \theta$$

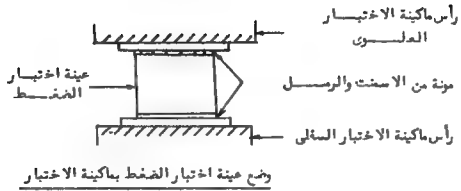
حيث ϕ صهارة عن زاوية الاحتكاك وتتراوح قيمة θ

ما بين ٤٥ - ٦٠ °

التحليل

نموذج النتائج في الجدول الآتي

رقم المادة	خاص المادة	وزن المادة	المساحة (A)	حاصل التنقيح P_1	حاصل المر P_2	اجزاء التنقيح $\frac{P_1}{A}$	اجزاء المر $\frac{P_2}{A}$
1							
٢							
٣							
٤							
٥							
٦							



شكل الكسر

وتتغير المقاومة القوى للضغط في حدود كبيرة معتمدة على الاحجار.

الآتيمة :

- (١) مكان أخذ العينة من الحجر ونوع الحجر .
- (٢) ظروف وطريقة تكوين الحجر .
- (٣) مقاس وشكل المهندسات .

ولذلك يستعمل معامل أمان كبير في تصميم المنشآت الحجرية ولقد وجد
أن مقاومة الضغط للمهينات الاسطوانية الشكل أقل من مقاومة المهينات المكعبة الشكل
لنفس الحجر والملاقة بينهما كالآتي :

مقاومة ضغط المهينة الاسطوانية = $\frac{3}{4} \times$ مقاومة ضغط المهينة المكعبة .
كما أن المهينات الكبيرة تمطي مقاومة ضغط أقل من المهينات الصغيرة لنفس
الحجر .

وتتناقص مقاومة الضغط للمهينة بزيادة ارتفاع المهينة كما هو مبين بالجدول الآتي :

النسبة المئوية لمقاومة ضغط مهينات مكعبة ذات أبعاد مختلفة منسوبة لمقاومة ضغط

مكعب ضلعه ٢٠ سم

الأبعاد بالسم	٧	١٥	٢٠	٣٠
النسبة المئوية للمقاومة	١٠٨,٥	١٠٤,٧	١٠٠	٧٥

النسبة المئوية لمقاومة ضغط أسطوانات ذات أطوال مختلفة منسوبة لاسطوانات بقطر

١٥ سم :

الطول (سم)	١٥	٢٢,٥	٣٠	٣٧,٥	٤٥	٦٠
النسبة المئوية للمقاومة	١١٢	١٠٠	١٠٠	٩٨	٩٦	٩٢

وإذا أجريت اختبارات مقاومة الضغط على مهينات غير تكعيبية (ع ط ٢ ق) :

فانه يمكن استنتاج مقاومة الضغط للمهينات المتكعبة (ع = ٢ ق)

وذلك بضرب مقاومة الضغط التي حصلنا عليها من العينات الغير قياسية في طمس
التصحح المناظر المعطى في الجدول الآتى :

نسبة الارتفاع $\frac{c}{q}$	٢٠	١٧٥	١٥	١٢٥	١١٠	١٠	٧٥	٥٠
عامل تصحح المقاومة	١٠٠	٠٩٨	٠٩٦	٠٩٤	٠٩٠	٠٨٥	٠٧٠	٠٣٠

المناقشة : Discussion

- ١ - ما هو الغرض من اجراء اختبار الضغط ؟
- ٢ - لماذا يعتبر اختبار الضغط من الاختبارات الرسمية اللازمة لقبول الحجسارة
في الاعمال الهندسية ؟
- ٣ - لماذا يجرى أحيانا اختبار الانحناء واختبار القصر لبعض أنواع الحجسارة
(أذكر أمثلة لذلك) .
- ٤ - ما هو شكل عينة اختبار الأبحار للضغط ؟ ولماذا أختير هذا الشكل ؟
وهل لحجم وقاس عينة الاختبار تأثير على قيمة مقاومة الضغط للأحجسار ؟
(وضع لسانا) .
- ٥ - اشرح كيف تجهز عينة الحجر لاختبار الضغط ؟ وضع اجابتك بالرسم .

- ٦ - ارسم تخطيطها مكنة الاختبار الضغط التي أجريت عليها تجارب الضغط
المعملية للحجارة مع بيان مكان قطعة الاختبار وكيفية التأثير بالحل وكيفية
تحديد قيمة الحل في أى لحظة أثناء التحميل وقيمة الحل الأقصى .
- ٧ - سجل البيانات العملية التي حصلت عليها أثناء إجراء اختبار الضغط على
الحجارة ثم عين منها قيم اجهد التشيخ (Cracking Stress)
واجهد الكسر (Breaking Stress)
- ٨ - ارسم شكل قطعة الاختبار قبل وبعد اختبار الضغط . ما السبب في ذلك ؟
(وضع اجابتك بالرسم)
- ٩ - أذكر الاحتياطات الواجب مراعاتها عند إجراء هذا الاختبار .
- ١٠ - أذكر المتوسط التقريبي لاجهد التهشم للأحجار الآتية :
الرخام - الحجر الجيري - الجرانيت - البازلت

(٣) اختبار الامتصاص للأحجار

Absorption Test

الغرض من الاختبار :

حساب الامتصاص الطبيعي والامتصاص الكلي ومعامل التفتيح للحجر
لأن هذه الثوابت تعطى فكرة غير مباشرة عن مقاومته للمؤثرات الجوية وعن مقاومته
لحمل الضغط .

العينينة :

ذات أى شكل منتظم تتراوح أبعادها من ٥ - ١٠ سم .

الأجهزة المستخدمة :

ميزان حساس - فرن تجفيف - مجفف - مجبوبة من الآرمية - ساعة
إيقاف .

خطوات الاختبار :

أ - تعيين الامتصاص الطبيعي : Natural absorption

- (١) تجفف العيننة في فرن التجفيف حتى ثبوت وزنها ثم تبرد في المجفف وتوزن
- (٢) توضع العيننة في إناء فارغ ويضاف عليها ماء نقي ببطء حتى تغمر تماماً بالماء لمدة ٤ ساعات ثم تترك مغمورة لمدة ٢٠ ساعة أخرى ويستخرج من الماء وتوزن .

النتائج :

النسبة المئوية للامتصاص الطبيعي =

$$100 \times \frac{\text{الوزن الرطب} - \text{الوزن الجاف}}{\text{الوزن الجاف}}$$

ب - تعيين الامتصاص الكامل : Total absorption

(١) تجفف العينة في فرن التجفيف حتى ثبوت الوزن ثم تبرد في
المجفف ثم توزن *

(٢) تغمر العينة في أناء به ماء نقي وترفع درجة حرارة الماء حتى
الغليان في مدة ساعة يترك في هذه الحالة لمدة * مساعات
أخرى ثم تبرد وتستخرج العينة وتوزن *

النتائج :

النسبة المئوية للامتصاص الكامل =

$$100 \times \frac{\text{الوزن الرطب (ماء يغلي)} - \text{الوزن الجاف}}{\text{الوزن الجاف}}$$

معامل التشبع (Saturation coeff.) =

$$100 > \frac{\text{النسبة المئوية للامتصاص الطبيعي}}{\text{النسبة المئوية للامتصاص الكامل}}$$



المناقشة : Discussion

- ١ - ما هو الغرض من إجراء اختبار الامتصاص للحجارة ؟
ولماذا يعتبر هذا الاختبار من الاختبارات الرئيسية لتحديد صلاحية
الاختبار في بعض الاعمال الهندسية ؟
- ٢ - اشرح كيف يمكن تعيين النسبة المئوية للامتصاص للاحجار فـسـسـى
حالة الامتصاص الطبيعي (Natural absorption) وفي
حالة الامتصاص الكلي (Total absorption)
- ٣ - ما هو معامل التشبع للاحجار (Saturation Coefficient)
أذكر دلالة هذا المعامل ؟
- ٤ - ما هي العلاقة بين امتصاص الحجر للماء ومقاومته للحريق ؟ اشرح لماذا ؟
- ٥ - أذكر النتائج العملية لاختبارات الامتصاص الطبيعي والامتصاص الكامل للاحجار
التي أجريت عليها التجارب ؟

(١) اختبار الانكماش عند الجفاف Drying Shrinkage Test

الفرض من الاختبار :

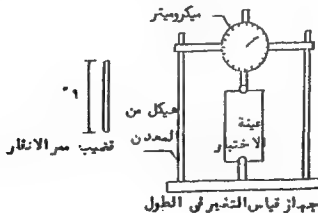
التغير الحجمي للأحجار نتيجة لتغير رطوبتها من الخواص المهمة لأنها تؤدي غالباً إلى شقق الحجارة حيث أن تعرض سطح الحجر إلى درجة الحرارة العالية في النهار يتسبب في فقد رطوبته وبالتالي تغير في حجمه وفي نفس الوقت لا يتأثر باطن الحجر بذلك نتيجة لرداءة الحجر في التوصيل الحراري وتكرر هذا يحدث انفصال الطبقة السطحية للحجر وحدوث ذلك للطبقة التالية وهكذا .
وقاليسما
ما يسهل التغير الحجمي بالرطوبة للأحجار النامية كما يصل هذا التغير في الحجر الرطب إلى حصة أضعاف التغير في الحجر الجاف ويمكن من هذا الاختبار حساب النسبة المئوية للانكماش عند الجفاف .

المعدات :

مشورقات مربعة طول ضلعها ٤ بوصة وارتفاعها ١ بوصة .

الأجهزة :

فرن تجفيف وجبوتة أو حوض لقياس التغير في الطول معين بالرسم .



خطوات الاختبار :

- ١ - تجهيز العينة بالشكل والمقاس المطلوب وثبتت في نهايتها كرتين مسنن الحبل فلر كل منهما $\frac{1}{4}$ بوصة بحيث يكون نصف الكرة داخل العنينة والنصف الآخر خارجها .
 - ٢ - تغمر العينة في الماء لمدة ٤ أيام وفي درجة حرارة ١٩ - ٢١ °C .
 - ٣ - ترفع العينة من الماء وتوضع في جهاز قياس التغير في الطول وتؤخذ قراءة الميكرومتر . ثم يوضع قضيب الانفاذ مكان العينة بالجهاز وتؤخذ قراءة الميكرومتر ، ومقارنة القراءتان يمكن تعيين الطول الرطب للعينة .
- $$\text{الطول الرطب} = ٩ بوصة + \text{فرق قراءتي الميكرومتر} \times \frac{1}{1000}$$

النتائج :

$$\text{النسبة المئوية للانكماش بعد الجفاف} = \frac{\text{الطول الرطب} - \text{الطول الجاف}}{\text{الطول الجاف}} \times 100$$

المناقشة : Discussion

- ١ - ما هو الغرض من اجراء اختبار التغير الحجمي ؟
- ٢ - اشرح طريقة اجراء اختبار الانكماش للحجارة . وضع اجابتك بومر الجهاز المستخدم في الاختبار وبيان وضع عنة الحجارة أثناء الاختبار .
- ٣ - هل يعتبر اختبار التغير الحجمي للحجارة اختبارا هاما يلزم أن تتضمنه المواصفات القياسية للحجارة ؟ لماذا ؟

(٥) اختبار المقاومة للتآكل أو البلى

Wear Test

الفرض من الاختبار :

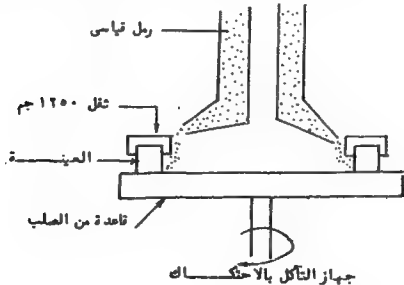
يجرى هذا الاختبار للأحجار المستعملة فى درجات السلاط وتنفذه
الاضمات ووصف الطرق • حسب من هذا الاختبار معامل الصلابة وهو يعطى فكرة
من مقاومة الحجر للتآكل أو البلى • يعتبر من وسائل المقارنة بين الأحجار المختلفة
من حيث المقاومة للبلى والتآكل •

المهينة :

اسطوانة من الحجر بقطر ١ واحد بوصة وارتفاع ١ واحد بوصة •

الأجهزة المستعملة :

جهاز التآكل بالاحتكاك (المبين بالرسم) - ميزان حساس •



خطوات الاختبار :

- ١ - توزن المينة قبل التآكل .
- ٢ - تثبت المينة في جهاز التآكل بالاحتكاك وتدار قاعدة الجهاز بسرعة ٣٠ لفة في الدقيقة مع وجود البول القياسي - وهو عبارة عن ريل جصاف يمر من السنخل ٠٦ يمتد على السنخل القياسي ٠٤٥ مم يجب ألا يكون قد استعمل هذا البول من قبل في هذه التجربة أو أي تجربة أخرى بين سطح المينة و سطح قاعدة الجهاز . يوضع ثقل مقداره ١٢٥٠ جيم فوق المينة ، ينتهي الاختبار عندما يبلغ عدد اللفات ١٠٠٠ لفة .
- ٣ - توزن المينة بعد التآكل .

التحليل :

$$\text{معامل الصلابة} = 20 - \frac{\text{النقص في الوزن (جرام)}}{3}$$

المنافسة : Discussion

- ١ - ما هو الهدف من اجراء اختبار مقاومة للبرى للاحجار ؟
- ٢ - هل يجري هذا الاختبار لجميع أنواع الأحجار ؟ لماذا ؟
- ٣ - اشرح كيف يمكن اجراء اختبار مقاومة الأحجار للبرى والتآكل ؟
- ٤ - ارسم تخطيطيا مكونات الاختبار المستعملة في اختبار مقاومة الأحجار للبرى ؟
- ٥ - أذكر النتائج العملية لاختبارات البرى على الأحجار التي أجريت عليها التجارب .

(٦) اختبار نفاذية الأحجار

Permeability Test

الغرض من الاختبار :

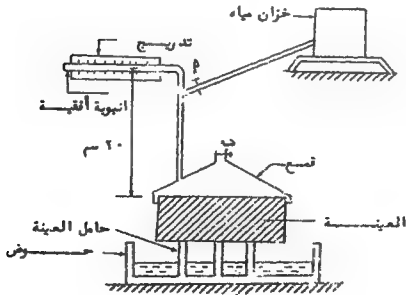
معرفة مدى مقاومة الأحجار لنفاذ الماء والاستفادة من ذلك في اختبار
نوع الأحجار المناسب في انشاء بعض المنشآت التي يشترط فيها عدم النفاذية
مثل أجسام السدود والحواجز المانعة .

العيننة :

منشور قائمته مربعة طول ضلعها ١٠ سم وارتفاعها حوالي ٥ سم .

الاجهزة :

جهاز النفاذية المبين بالرسم .



خطوات الاختبار :

- ١ - تجهز المينة حسب الشكل والمقاس المطلوب ثم تدفن جوانبها الاربع بالشمع .
- ٢ - تثبت المينة في الجهاز حسب الرسم وفتح المحس (أ) ، والمحس (ب) حتى يتم طرد الهواء من الجهاز ثم يذلل المحس (ب) حتى تنتهي الانهية الأتقية ويقل المحس (أ) .
- ٣ - في هذه الحالة يكون الضغط الواقع على الماء ضد سطح المينة = ٢٠ سم ماء . تنتظر حتى يظهر الماء بالسطح السفلى للمينة ثم تلاحظ حركة الماء في الانهية الأتقية .
- ٤ - تسجل مسافة تحرك الماء في الانهية الأتقية في مدة ٦٠ ثانية ومنه يمكن معرفة معامل النفاذية . وكلما زادت هذه المسافة كلما كان الحجر أكثر نفاذية .

الناقشة : Discussion

- ١ - ما هو الغرض من اختبار النفاذية للأحجار ؟
- ٢ - أرسم الجهاز المستعمل في اختبار نفاذية الأحجار
- ٣ - أشرح اختبار نفاذية الأحجار .
- ٤ - متى يلزم إجراء هذا الاختبار للأحجار ؟

» »

»

(٧) اختبار المقاومة لتأثير الكيماويات

Test of resistance to Chemical Effects

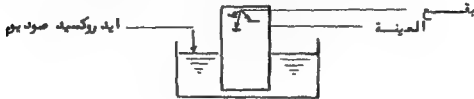
أ - التزهير : Efflorescence staining

يظهر التزهير على الحجارة الطبيعية نتيجة لامتصاص الحجارة
للالحاح من المواد المجاورة لها مثل المادة اللاصقة أو تربة الأسس أو من
الهواء الجوى ونادراً ما توجد أملاح دائمة متكونة مع الحجر .

وقد يوجد في بعض الأحيان مواد عضوية في الحجارة الرسوبية
والتي تحت تأثير المحاليل القلوية تكون أملاح عضوية دائمة تظهر طمس
هيئة بقع على سطح الحجر ضد التبخر .

ب - الكبريتات أو حامض الكبريتيك :

وجود ثاني أكسيد وثالث أكسيد الكبريت في الهواء الجوى فسي
المدن الصناعية نتيجة الاحتراق يؤثر على الحجارة فيكون كبريتات أو كبريتيد
الكالسيوم وعند الجفاف يظهر ذلك على سطح الحجارة (تزهير) .



ج - تبلور الأملاح داخل الفراغات الحجرية :

هذه الظاهرة تحدث عند الجفاف السريع وهي غارة جـ
لالحجار حيث أنها تولد قوة ميكانيكية داخل الفراغات تعمل على تفكيك
الاحجار .

د - الكيمياء الفاعلة :

الكيمياء الفاعلة غالباً ما توجد بنسبة عالية في الماء المتص من
تربة أساسات المباني أكثر من وجودها في الهواء الجوى . وقد تحتوى
التربة على نترات أو كلوريدات أو كبريتات تعمل على تفتيت الحجارة .

هـ - حامض الكربونيك :

يذوب ثاني أكسيد الكربون الموجود في الهواء في ماء المطر
مكوناً حامض الكربونيك الذى يذيب كربونات الكالسيوم مكوناً بيكربونات الكالسيوم التى
تتحول مرة ثانية الى كربونات الكالسيوم نتيجة التبخر ولكن هذه الكربونات ليست نفس
تكوينها البنائى مثل الكربونات الرئيسية بل ذات تكون أضعف كذلك فإن وجود
هذه الكربونات على سطح الحجر وتحت تأثير مختلف العوامل الجوى السى
تتفقر وتآكل سطح الحجر .

(أ) اختبار الوزن الحجمي والوزن النوعي للأحجار

Volumetric Weight and specific

Weight tests

الفرض من الاختبار :

الفرض من اختبار الوزن الحجمي هو تحديد وزن المتر المكعب من الأحجار بما فيها من فراغات . أما اختبار الوزن النوعي للأحجار فيهدف إلى تحديد وزن وحدة الحجم للحجر ولا يشمل هذا الحجم الفراغات الهوائية . ويهتم الوزن الحجمي لمعرفة أوزان الأحجار المستعملة في المنشآت أما الوزن النوعي فيهدف إلى تصميم الخلطات الخرسانية المستعمل فيها كم هذه الأحجار .

المقدمة :

تؤخذ عينة من الحجر المراد اختبارها ذات شكل هندسي منتظم - يمكن استعمال قطعة اختبار غير منتظمة الشكل .

الأجهزة المستعملة :

فرن تجفيف - ميزان حساس - مضمار مدرج

١ - خطوات اختبار الوزن الحجمي :

١ - تجفف عينة الاختبار إذا كانت بها نسبة رطوبة في فرن تجفيف

تتراوح درجة حرارته بين ١٠٠ - ١١٠ °م ثم تبرد في مجفف

وتوزن ويمكن وزن الحجر ١٠

- ٢ - بحسب حجم العينة أو توضع العينة في المخار المدرج بعد وضع كمية من الماء به ذات حجم معلوم فيكون الزيادة في حجم الماء بالمخار المدرج مساها لحجم العينة وليكن ح ١ .

النتائج :

$$\frac{W_1}{A} = \text{الوزن الحجمي للحجر}$$

- ب - خطوات اختبار الوزن النوعي :

- ١ - تجفف عينة الاختبار في فرن تجفيف درجة حرارته ١٠٠ - ١١٠°م حتى يتم طرد أى رطوبة بالحجر ثم يبرد في مجفف هطمن السس مسحوق ناعم جداً قبل وزنه وليكن و ٢ .
- ٢ - بحسب حجم المسحق يوضع في مخار مدرج به كمية من الماء ذات حجم معلوم فيكون الزيادة في حجم الماء بالمخار هي حجم الحجر بدون فراغات وليكن ح ٢ .

النتائج :

$$\frac{W_2}{A} = \text{الوزن النوعي للحجر}$$

- ملاحظة أن الفرق بين الوزن الحجمي والوزن النوعي للأحجار التي ليس بها فراغات مثل الجرانيت أو البازلت صغير جداً يمكن إهماله أما في حالة الأحجار التي بها نسبة طالية من الفراغات مثل الحجر الرملي والحجر الجيري فهناك فرق كبير بين الوزن الحجمي والوزن النوعي لهذه الأحجار .

الناقشة : Discussion

- ١ - ما هي أهمية تعيين قيمة الوزن الحجمي والوزن النوعي للاحجار .
- ٢ - اشرح طريقة اجراء اختبار الوزن الحجمي والوزن النوعي للاحجار .
- ٣ - اذكر النتائج العملية لاختبارات الوزن الحجمي والوزن النوعي
أجبت على الأحجار بالمعمل وأرسم الاجهزة المستعملة في كل اختبار .
- ٤ - اذكر الشوط التقني لوزن المتر المكعب من الاحجار الاتية :
الحجر الجيري - الجرانيت - البازلت - الرغاسم

» »

»

الباب الثاني

ركام الخرسانة

Aggregates For Concrete

تتكون الخرسانة من جسيمات صخرية شامكة مع بعضها بواسطة مادة لاصقة وهي عبارة عن المادة الناتجة من اتحاد الأسمنت والماء • ويطلق اسم الركام طحسى هذه الجسيمات الصخرية • ويجب أن يكون الركام المستعمل في الخرسانة ذا تدريج من جسيمات صغيرة من الرمل الى جسيمات كبيرة من الزلط أو الأحجار المكسرة حتى يمكن الحصول على خرسانة جيدة • يمثل الركام في الخرسانة الجزء الخامل نسبيا ويغسل حوالي $\frac{3}{4}$ حصصها • وتتوقف خواص الخرسانة الناتجة على نوعية هذا الركام وخواصه التي يمكن ايجازها في الآتى :

تقسيم الركام :

يمكن تقسيم الركام الى ركام طبيعي وركام صناعى :

أ - ركام من المصادر الطبيعية :

وهو الركام المأخوذ من الحاجر الطبيعية مثل الرمل والزلط وكمر الحجارة •

ب - ركام صناعى : وهو يشمل الآتى :

١ - ركام خث الافران ويتم الحصول عليه بجانب الانتاج الرئيسى لى

المصانع •

٢ - ركام مصنع للحصول على مواد تتميز بخفة الوزن مثل الطين المحرق •

٢ - ركّام ملون للخرمّانة العمّامة أو أغراض الزينة مثل جهّيات الزجّجـاج والركّام المبرّاميك .

يمكن تقسيم الركّام ايضاً من حيث المقاس الى :

(١) ركّام صغير : وهو مجموعة الجهّيات التي يرمعها (٩٥ - ١٠٠ %) من النخل القهاسي $\frac{2}{16}$ بوصة مثل الراسل .

(٢) الركّام الكبير : وهو مجموعة الجهّيات التي يحجز معظمها (٩٥ - ١٠٠ %) على النخل القهاسي $\frac{2}{16}$ بوصة مثل الزلط وكسّر الاحجار .

(٣) الركّام الشامل : وهو خليط من الركّام الصغير والركّام الكبير .

يمكن تقسيم الركّام من حيث شكل الجهّيات الى :

١ - ركّام مدور
٢ - ركّام زاوي
٣ - ركّام مفلطح
٤ - ركّام غير منتظم

وتتوقف خواص الخرمّانة على نوع الركّام السّتمل ، فالجهّيات السّتديرة

أكثر قابلية للانضغاط من الجهّيات الزاوية والتّالي فهي تحوي على فراغات أقلّ كسّاً

أنها تحتاج الى كمية أقلّ من الأسمنت لتغليف سطحها والجهّيات الغير منتظمة

الفكل تمطي خرمّانة صعبة التشغيل وتحتاج الى تغيير في التدرج الجوبي للحصول

على درجة تشغيل أفضل لها ويكون ذلك بزيادة جهّيات الركّام الصغيرة عن شلّتها

الجهّيات السّتديرة .

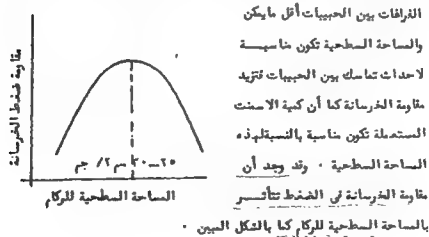
وتختلف مساهمة جهّيات الركّام بعضها من بعض . فكلما زادت نسبة السامسة

في جهّيات الركّام قلت قوة الخرمّانة الناتجة ، فالخرمّانة الناتجة باسّتمال كسر الحجر

المتعمل فيها الركام المنصع خفيف الوزن تكون خرسانة خفيفة الوزن بالنسبة للخرسانة ثقيلة الوزن المتعمل فيها الركام ثقيل الوزن مثل الزلط .

وجب أن يكون الركام المتعمل لعمل الخرسانة ذو تدرج جيد أى يحوى على المقامات المختلفة للركام - حتى تضمن للركام مساحة سطح مناسبة لا تحتاج الى كمية كبيرة من الأسمنت وتكون الخرسانة الناتجة خالية من الفراغات فإذا استعمل ركام صغير فقط مع عجلة الأسمنت لتكوين خلطة خرسانة يكون الناتج خرسانة ضعيفة لأن المساحة المغطاة للركام الصغير كبيرة

(٦٠ - ١٠٠ سم / ٢ جم) فلا تكفى عجلة الأسمنت لاحتواء التماسك المطلوب لجميع حبيبات الركام وتحتاج الخلطة الخرسانية في هذه الحالة لكمية مياه كبيرة وقد تخرجها تترك بالخرسانة فراغات كثيرة وإذا استعمل ركام كبير فقط مع عجلة الأسمنت لتكوين الخرسانة يكون الناتج أيضا خرسانة ضعيفة لأن المساحة المغطاة صغيرة (٢ - ٥ سم / ٢ جم) تكون تماسك حبيبات الركام على مساحة صغيرة فلا تستطيع مقاومة الأحمال كما أن عدم وجود الحبيبات الصغيرة يزيد من الفراغات الموجودة بالخرسانة يزيد من صعوبة الدمك ومن هذا يتبين ضرورة استخدام ركام خليط من الركام الكبير والركام الصغير في عمل الخرسانة حتى تكون الخرسانة الناتجة ذات مقاومة عالية نتيجة تقليل الماء اللازم للخلط ويمكن الدمك لجعل



التدرج الحبيبي ١

هو أصل المقاسات المختلفة من الركام بعضها من بـ.....
 لتحمين مدى التوزيع الحبيبي للحبيبات بالركام ويتم ذلك بعمل اختبارات بسيط
 الحبيبي باستعمال مجوعة من المناخل القياسية ذات فتحات مختلفة توضع فوق بعضها
 بحيث يكون النخل ذو الفتحة الكبيرة من أعلاه يليه النخل الأثقل وهكذا
 ثم يهز الركام في مجوعة المناخل ويوزن الحجز على كل نخل منه يعين الحجز
 الكلي على كل نخل ونسبته بمسحبين النسبة المئوية للحجس
 الكلي على كل نخل بالنسبة لسوزن الركام كله ثم تحسب النسبة المئوية الباقية من كل
 نخل ، وتحتمل نتائج هذا التحليل لرسم المنحنى البياني للعلاقة بين مقاس
 فتحة كل نخل والنسبة المئوية للركام البار منه وهي هذا المنحنى بالمنحنى البياني
 للتدرج .

Standard Sieves ٢ المناخل القياسية

يكون مقاس فتحات المناخل القياسية المصنوعة والبريطانية كالآتي :

مناخل الركام الكبير				الواصفات
$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{4}$	$1 \frac{1}{2}$	البريطانية
٥م	١٠م	٢٠م	٤٠م	المصرية

مناخل الركام الصغير						الواصفات
١٠٠	٥٢	٢٥	١٤	٧	$\frac{3}{16}$	البريطانية
١٥٢م	٣١٢م	٦٣٠م	١٢٥٠م	٢٥٠٠م	٥م	المصرية

وهي مناخل ذات هيكل معدني وتحتاتها مرصعة وتسمى مناخل الركام الكبير
فتحة المنخل بالهجمة او بالملهمتر . أما فتحات المناخل للركام الصغير فتسمى
الفتحات في الهجمة الطولية ما عدا فتحة المنخل $\frac{3}{16}$ بهجمة .

سم البواني للتدرج الجهبي :

المنحنى البواني للتدرج الجهبي باحدى الطريقتين الآتيتين :
الطريقة الحسابية : وفيها يمثل المحور الرأسى النسبة المئوية للبار من
كل منخل بينما يمثل المحور الأفقى مقياس فتحة كل منخل بطريقة حسابية
أى :

$$\text{المسافة أ د} = \frac{1}{4} \text{ المسافة أ هـ}$$

$$\text{المسافة أ ج} = \frac{1}{2} \text{ المسافة أ د}$$

$$\text{المسافة أ ب} = \frac{1}{4} \text{ المسافة أ ج} \dots\dots\dots \text{وهكذا}$$

— الطريقة اللوغاريتمية : وفيها يمثل المحور الرأسى النسبة المئوية للبار من
كل منخل بينما يمثل المحور الأفقى مقياس فتحة كل منخل بطريقة لوغاريتمية
بهمس :

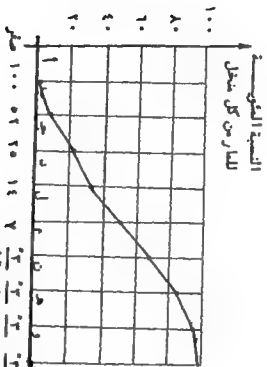
$$\text{أ ب} = \text{ب ج} = \text{ج د} = \text{د ل} = \text{ل م} = \text{م ن} \dots\dots \text{وهكذا}$$

وتستخدم الطريقة الحسابية أو الطريقة اللوغاريتمية لرسم المنحنى البواني
للتدرج الجهبي لركام كبير أو ركام صغير . أما فى حالة رسم المنحنى البواني
للتدرج الجهبي لركام خلط فيجب استعمال الطريقة اللوغاريتمية .

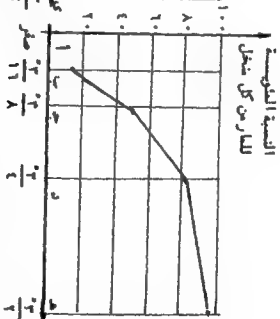
(وزن الكرام = و)

مخمس الدرع الصحن للكرام الكرم :

طلي نوعة العمل	الوزن المحجوز طلي كل ينقل	الوزن الكرام المحجوز طلي كل ينقل	المساحة الموز طلي كل ينقل	النسبة المئوية للكار طلي كل ينقل
$\frac{1}{4}$	1	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4} \times 100 = 25$	$\frac{1}{4} \times 100 = 25$
$\frac{2}{4}$	2	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2} \times 100 = 50$	$\frac{1}{2} \times 100 = 50$
$\frac{3}{4}$	3	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4} \times 100 = 75$	$\frac{3}{4} \times 100 = 75$
$\frac{4}{4}$	4	4	$4 \times 100 = 400$	$4 \times 100 = 400$
$\frac{5}{4}$	5	5	$5 \times 100 = 500$	$5 \times 100 = 500$
إجمالي	10	10	1000	1000



مقام من قسمة المنفصل
(الطريقة اللوغاريتمية)



مقام من قسمة المنفصل
(الطريقة الحسابية)

حدود التدرج الجيبي

ولقد قام مجموعة من الباحثين أمثال " فولر " و " فيري " و " بلويس " وآخرين بتكوين مجموعة من منحنيات تدرج مثالية تغطي أحسن تدرج للركام . وكلما كان الركام المستعمل فيها من هذه التدرجات كلما كانت الخرسانة الناتجة ذات خواص جيدة . ونظرا للتقدم الكبير في استخدام المعدات والأجهزة الحديثة الميكانيكية في جميع مراحل صناعة الخرسانة ولزيادة جودة الأسمنت في الزمن الحالي لم يعد التدرج الجيبي للركام الأهمية الأولى للوصول إلى خرسانة جيدة .

والجدول الآتي يوضح منحنيات التدرج الجيبي لكل من " فولسبر " و " فيري " و " بلويس " ومنحنيات التدرج الجيبي التي تحددها المواصفات البريطانية وأبحاث هيئة الطرق .

ملحوظة :

- أ - منطقة التدرج الأولى : وتشمل حدود الركام الصغير الخشن .
- ب - منطقة التدرج الثانية : وتشمل حدود الركام الصغير المتوسطة .
- ج - منطقة التدرج الثالثة : وتشمل حدود الركام الصغير الناعم .
- د - منطقة التدرج الرابعة : وتشمل حدود الركام الصغير الناعم جدا .

جدول حدود الدرع الحصين للبرك المغمور (ريل) المستعمل في أعمال
الخرسانية المسلحة

رقم العميل (م)	التصميم التجهيز المبني من المعدل بالمتوسط			
	مطابقة التدرج الأولى	مطابقة التدرج الثانية	مطابقة التدرج الثالثة	مطابقة التدرج الرابعة
١٠	٤٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
٥	١٠٠ - ٩٠	١٠٠ - ٩٠	١٠٠ - ٩٠	١٠٠ - ٩٥
٢٥	٩٥ - ٦٠	١٠٠ - ٧٥	١٠٠ - ٨٥	١٠٠ - ٩٥
١٢٥	٧٠ - ٣٠	٩٠ - ٥٥	١٠٠ - ٧٥	١٠٠ - ٩٠
١٢٣	٣٤ - ١٥	٥٩ - ٢٥	٧٩ - ٦٠	١٠٠ - ٨٠
٢١١	٢٠ - ٥	٣٠ - ٨	٤٠ - ١٢	٥٠ - ١٥
٢١٦	مطري - ١٠	مطري - ١٠	مطري - ١٠	مطري - ١٠

جدول تدريج الزكام الكبير (الربط) المستعمل في أعمال الحراسة السلامة

مطابق العمل					م (م)	
م ١٥	م ٢٠	م ٢٥	م ٣٠	م ٤٠		
—	—	—	—	١٠٠ - ٩٥	٣٨,١	السلامة
—	—	—	١٠٠ - ٩٥	—	٣٩	
—	—	١٠٠ - ٩٥	—	—	٢٩,١	
١٠٠	١٠٠ - ٩٥	٩٥ - ٧٥	٨٥ - ٥٥	٧٥ - ٣٠	١٩	السلامة
١٠٠ - ٩٥	—	—	—	—	١٩	
٨٥ - ٤٠	١٠٠ - ٧٥	٥٥ - ٧٥	٥٥ - ١٥	٤٠ - ١٠	١٩	
١٠ - مطر	١٠ - مطر	٧٥ - مطر	٥ - مطر	٥ - مطر	٢٩,١	السلامة

جدول القديح ١ لجميع للوكام العامل (للبلد والاربط) المستعمل في الامصال
البريسبانية المسلمة

رقم النجيل	العناصر الاجراسارى الاقرب			
	م ١٥	م ٢٠	م ٢٥	م ٣٠
٣٨١	—	—	—	١٠٠ — ٩٥
٣٢	—	—	—	—
٢٢١	—	—	١٠٠ — ٩٥	—
١٩	—	١٠٠ — ٩٥	٩٥ — ٧٥	٩٠ — ٦٥
١٦	١٠٠ — ٩٠	—	—	—
١٥١	٨٥ — ٦٠	٧٥ — ٥٠	٧٠ — ٤٠	٦٠ — ٣٠
١٤١	٦٥ — ٣٠	٥٥ — ٢٥	٥٠ — ٢٠	٥٠ — ٢٠
١٣١	—	—	—	—
١٢١	—	—	—	—
١١١	٣٥ — ٥	٣٥ — ٥	٣٠ — ٢	٣٠ — ٣
١٠١	—	—	—	—
٩٧٧	صفر	صفر	صفر	صفر

حدود المساحات البيطانية لفتح الزكام بالمقارنة بزيادة طريقة العلاج بالمسحوق					رقم المتحصل
٢٠٠	٢٥	$\frac{2}{11}$	$\frac{2}{8}$	$\frac{2}{7}$	١٠٠
١٠ - صفر	٨ - ٤٥	٢٥ - ٨٥	٤٥ - ١٠٠	٨٥ - ١٠٠	١٠٠
					النسبة المئوية للمعالج

فتح الزكام بالمطبخ المنعقد في إسكان الطرق بالبيطانية

القيمة الموحدة للمعالج								رقم المتحصل
١٠٠	١٥	٢٥	٣١	٨	$\frac{11}{2}$	$\frac{7}{2}$	$\frac{3}{1}$	
مطبخ	١	١	١٦	٢٣	٢٠	٤٥	١٠٠	(١) المخرج
مطبخ	٢	٣	٢١	٢١	٢٤	٥٥	١٠٠	(٢) المتخرج
مطبخ	٥	١١	٧١	٥٢	١٣	٦٥	١٠٠	(٣) المتخرج
مطبخ	١٢	٢٧	٣٢	١٣	٧٣	٧٥	١٠٠	(٤) المتخرج

مُسال (١)

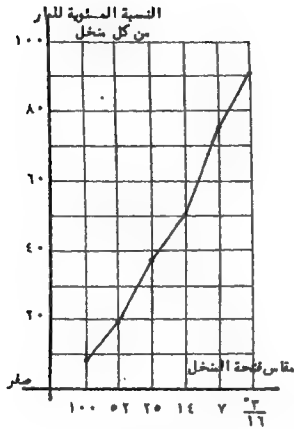
ارسم المنحنى البياني للتدرج الحبيبي لركام صغير (وصل) والمنحنى البياني للتدرج الحبيبي لركام كبير (زلط) طما بان الوزن الكلى للركام المفسفر ١٠٠٠ جم والوزن الكلى للركام الكبير ١٠٠٠٠ جم ونتائج اختبار التدرج الحبيبي لكل ركام كما بالجدولين الآتيين :

نتائج اختبار التدرج الحبيبي للركام الكبير :

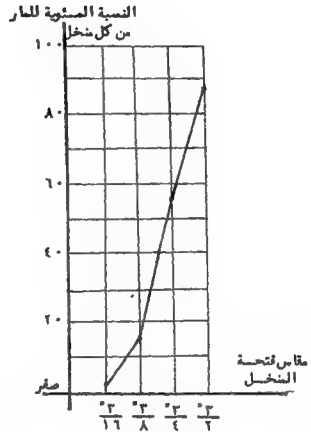
مقاس فتحة المنخل	المحجوز على كل منخل	المحجوز الكلى على كل منخل	النسبة المئوية للمحجوز على كل منخل	النسبة المئوية للمار من كل منخل
$\frac{3}{4}$	١٢٠٠	١٢٠٠	١٢	٨٨
$\frac{3}{8}$	٣٢٥٠	٤٤٥٠	٤٤,٥	٥٥,٥
$\frac{3}{2}$	٤١٥٠	٨٦٠٠	٨٦	١٤
$\frac{3}{16}$	١٣٠٠	٩٩٠٠	٩٩	١
الانساب	١٠٠	—	—	—

نتائج اختبار التدرج الهيكلي للركام الصغير :

فتحة المنخل	المحجوز على كل منخل	المحجوز الكلي على كل منخل	النسبة المئوية للمحجوز على كل منخل	النسبة المئوية للماز على كل منخل
$\frac{3}{16}$	١٠٠	١٠٠	١٠	٩٠
٧	١٥٠	٢٥٠	٢٥	٧٥
١٤	٢٥٠	٥٠٠	٥٠	٥٠
٢٥	١٣٠	٦٣٠	٦٣	٣٧
٥٢	١٨٠	٨١٠	٨١	١٩
١٠٠	١١٠	٩٢٠	٩٢	٨
الانساء	٨٠	—	—	—



منحنى التدرج الحبيبي
للركام الصغير



منحنى التدرج الحبيبي
للركام الكبير

[illegible]

ثانياً : الطريقة البهانية :

لايجاد الحل البهاني أخير ثلاثة محاور كما بالشكل هـ حيث المحور الأفقي

يمثل النسبة المئوية للبول الى الخليط والمحوران الرأسان أ ب هما يمثل النسبة

المئوية المارة للبول والآخر يمثل النسبة المئوية المارة للزلط هـ أ ب = م =

النسبة المئوية المارة من الرسل لأحد المناخل وليكن منخل $\frac{75}{8}$ مثلاً هـ أ ب

د ج = م النسبة المئوية المارة من الزلط على نفس المنخل . وأخيراً

خط رأسي هـ د حيث د = $\frac{100 \times م}{ن + م}$ و أ = $\frac{100 \times م}{ن + م}$

حيث م : ن هي نسبة البول : الزلط ونفرض أن هـ = ع وأن نقطة هـ تقع على

الخط الواصل بين نقطتي ب ، ج .

• ثم المثلثان هـ ج د ، هـ ب د متشابهان

$$\frac{م - ع}{ع - م} = \frac{ع - م}{م - ع}$$

$$ع - م - م = م - ع - ع$$

$$ع = \frac{م - ع}{م - ع} + \frac{ع - م}{م - ع}$$

ومن هذا يتضح أن هـ = ع = نفس القيمة السابق الحصول عليها

من الطريقة الحسابية . أي أن الخط ب ج هو الحل الهندسي للنسب المئوية

المارة من هذا المنخل والسكن الحصول عليها من خلط البول والزلط بنسب معينة

مكاملة متساوي :

$$\frac{ع}{ن + م} \times 100 = \frac{ن}{ن + م} \times 100$$

وعلى ذلك للحصول على

النسب المئوية المارة للركام الخليط من الرمل والزلط بطريقة بهائية تتبع الخطوات
الآتية :

١ - يرسم بمقياس رسم مناسب مربع بحيث يمثل الاحداثى الرأسى الذى طس
المسار النسبة المئوية المارة من الرمل والاحداثى الرأسى الذى طس
الميلون النسبة المئوية المارة من الزلط يمثل الاحداثى الأفقى النسبة
المئوية للرمل الى الخليط مع ملاحظة أن النسبة المئوية ١٠٠ % عند الاحداثى
الرأسى الخاص بالنسبة المئوية المارة من الرمل .

٢ - يوقع على المحور الرأسى للرمل النسب المئوية المارة من كل منخل هو قسح
على المحور الرأسى للزلط النسب المئوية المارة من كل منخل .

٣ - توصل بخطوط مستقيمة النقاط العائدة للمناخل القياسية المتشابهة
والواقعة على المحور الرأسى للنسبة المئوية للمار من الرمل والمحور الرأسى
لنسبة المئوية للمار من الزلط فيمثل كل خط مستقيم وأصل بين نقطتين
متناظرتين المحل الهندسى للمنخل المناظر والذي يمكن منه الحصول
على النسبة المئوية للمار من الركام الخليط الناتج من خلط الرمل والزلط
بنسب مكملة فيمثل
$$\frac{r}{n + r} \times 100 + \frac{n}{n + r} \times 100$$

٤ - يرسم خط رأسى ماراً بالنسبة المئوية
$$\frac{\text{للرمل}}{\text{لخليط}} = \frac{r}{n + r} \times 100$$

= ٣٣,٣٣ % وتحدد نقط تقاطع هذا الخط مع خطوط المحال الهندسية
للمناخل المختلفة فتعطى الاحداثيات الرأسية للنقاط التقاطع النسب المئوية

المارة من الركّام الخليط على المناخل المختلفة وهي مدونة بأسفل الجدول السابق وهي نفس القيم التي تم الحصول عليها بالطريقة الحسابية .

طريقة حساب نسبة خلط ركّام صغير : ركّام كبير (م : ن) للحصول على ركّام خليط له تدرج معلوم :

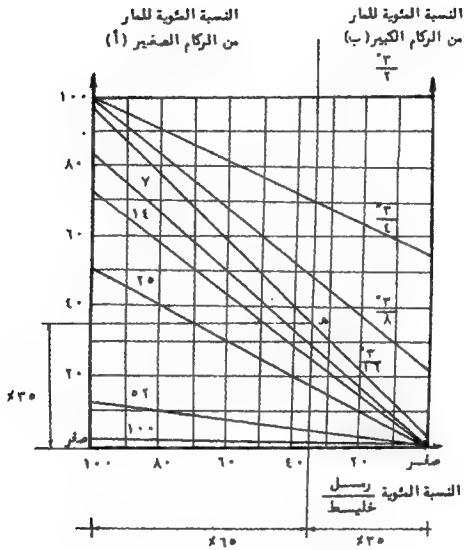
غالباً ما يحتاج المهندس إلى كثير من الأمثال الانشائية مثل وصف الطريق أو المطارات أو تثبيت التربة تحت خطوط المكك الحديدية أو تصميم خطة خرمانته ذات مقاومة معينة أو عند إنشاء الجسور - إلى ركّام خليط له تدرج معلوم يطابق المواصفات المطلوبة الخاصة بهذا العمل الانشائي . وفي كثير من الأحيان يمكن الحصول على هذا التدرج المعلوم والمطلوب للركّام الخليط إما بمخلط ركّام أ بركّام آخر ب له تدرج مختلف أو بمخلط ٣ ركّامات أ ، ب ، ج من مصادر مختلفة ولها تدرجات مختلفة . ويفضل استعمال الطريقة البهانية السابق شرحها للوصول إلى هذا التدرج المعلوم حيث أنها مريحة ويمكن بواسطتها الحصول على النتائج المطلوبة بسهولة وأجراء أي تعديل صحيح بمجرد النظر إلى الرسم بدون أي حسابات .

مثال (٢) :

معلوم ركّام صغير أ وركّام كبير ب لكل منهما التدرج المبين بالجدول الآتي والمطلوب حساب نسبة خلط الركّام الصغير والركّام الكبير (م : ن) بحيث يكون الركّام الخليط ذو تدرج مماثل للركّام المعلوم المعطى بنفس الجدول .

المساحة المقاسة للمسار طرقي								مقاسي المتغير
١٠٠٠	٥٢	٢٥	١٤	٧	$\frac{P_1}{P_2}$	$\frac{P_1}{P_2}$	$\frac{P_1}{P_2}$	
٢	١٢	٥٠	٧٨	٨٣	٩٦	١٠٠	١٠٠	الزوايا الصغيرة
١	٥	١٨	٢٥	٣٠	٣٥	٤٩	٧٠	الزوايا المتوسطة
١	٢٥	١٧	٢٥	٢٩	٣٥	٤٩	٧١	الزوايا الكبيرة

2



للحصول على نسب غليظ الركّام الصغير أ والركّام الكبير ب (م : ن)

المطلوب يتبع الاتساق :

١ - تكرار الخطوات السابقة من ١ : ٣ للحصول على المحال الهندسية

للمناخل الصّغيرة والخاصة بخلط الركّامين أ ب بأى نسب .

٢ - نظرا لأنّ المنخل $\frac{3}{16}$ هو المنخل الذى يفصل بين الركّام الصغير

والركّام الكبير فإن نسبة الرمل بالركّام الخلوّط المعلوم ٣٥ % ولتحقيق ذلك

يرسم خط أفقى يوازي المحور الأفقى وعلى مسافة رأسية منه = ٣٥ : ١٠ يمثّل

الحل الهندسى للمنخل $\frac{3}{16}$ عند نقطة ه .

٣ - يرسم خط رأسى من نقطة ه ليقطع المحور الأفقى عند النّمة المثلثة

الرّاسية = ٣٥ % (أى أن م : ن = ٣٥ : ٦٥ =
خلوّط

٧ : ١٣) وتمثّل نقط تقاطع هذا الخط الرّاسى مع بقية المحال

الهندسية الخاصة بالمناخل الأخرى بالنسب المثبتة لما على المناخل

الأخرى والناتجة من خلط الركّام أ والركّام ب بنسبة ٧ : ١٣ وهذه

النسبة مدونة بالجدول السابق .

٤ - إذا كان هناك فرق بين هذه النسب والنسب المثبتة لما للركّام الخلوّط

المعلوم يمكن تحريك الخط الرّاسى الناتج فى الخطوة (٣) الى اليمين

أو اليسار قليلا لمعطى تدرج أقرب الركّام المعلوم .

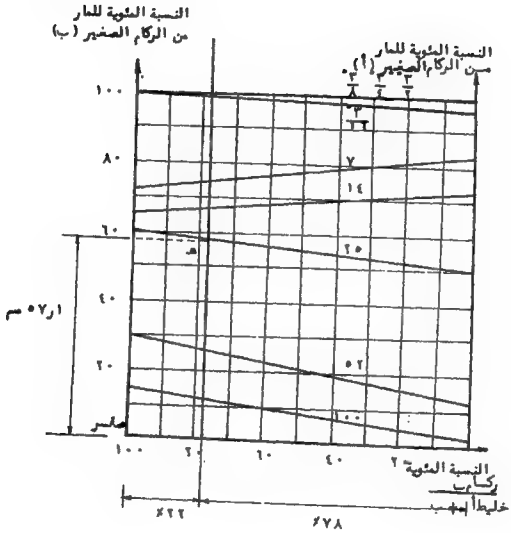
وإذا فرضنا أن الركام الصغير أ والركام الكبير ب مطلوب غلظهما
للحصول على ركام خليط معلوم له التدرج الخاص بمنحنى " فولر " والمعطى
في الجدول الآتى لكانت النسبة المثبتة المارة للركام الخليط الناتج على المناخل
المختلفة كما هو مبين بنفس الجدول .

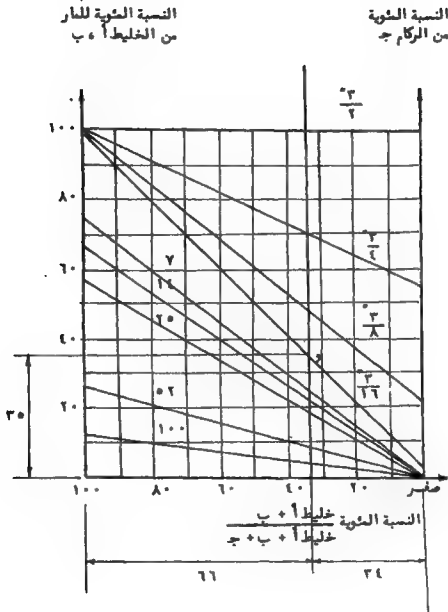
ولاحظ أن هناك فرق ملحوظ في قيم النسيبة المثبتة للمار على المناخلتين
٥٢ ، ١٠٠ وهذا ناتج من أن الركام أ ينقصه مقياس الركام الخاص بهذين
المناخلتين (أى أن الركام الصغير يعتبر خشناً) وللحصول على ركام خليط ناتج
أقرب الى منحنى فولر يلزم استعمال نوعين من الركام الصغير أحدهما خشن والآخر
نام للحصول على ركام صغير غلظ منهما ذو تدرج مناسب يتم غلظه بالركام الكبير
المستعمل . والمثال الآتى يوضح الخطوات اللازمة لذلك .

مثال (٣) :

الجدول الآتى يبين التدرج الجيبي الخاص بركام صغير خشن أ وركام
صغير نام ب وركام كبير ج والتدرج الجيبي الخاص بفولر -
المطلوب تحديد نسب غلظ الركام أ : الركام ب : الركام ج للحصول على
التدرج الجيبي لفولر .

النسبة المئوية للمشارطة										ملاحظات
١٠٠	٥٢	٢٥	١٤	٧	$\frac{٥٢}{١١}$	$\frac{٥٢}{٨}$	$\frac{٥٢}{٤}$	$\frac{٥٢}{٢}$	١٠٠	
٧	١٢ مر	٢٠	٢٥	٢٠	٢٥	٢٣ مر	٢٦ مر	١٠٠		بمضى لولم
٩	٥٢ مر	١٧ مر	٢٥	٢٩ مر	٢٥	١٩	٧٩	١٠٠		الركم المحيط النادج





الحاصل :

للحصول على خلیط للركامات أ ب ه ج مطابق منحنى فولر المعطى بخلط
أولا الركام الصغير أ مع الركام الصغير ب كالاتسبی :

١ - يتم الحصول على المحال الهندسية للمناخل التمتعة والخاصة بخلط
الركامین أ ب باى نسب وذلك يجعل المحورین الرأسیین أحد هما
يشل النسبة المثبة للمار من الركام الصغير ب والمحور الآخر يشل
النسبة المثبة للمار من الركام الصغير أ جعل المحور الاثنی يشل
النسبة المثبة $\frac{\text{ركام ب}}{\text{ركام أ + ب}}$
خلط أ + ب

٢ - النسبة المثبة للمار من منخل $\frac{3}{16}$ فی منحنى فولر هى ٣٥% (أى أن
منحنى فولر یحتوى على ٣٥% ركام صغير ٦٥% ركام كبير) ونظرا
لأن المنخل الذى يفصل بین الركام الصغير الناعم والركام الصغير الخشن
هو منخل رقم ٢٥ ونظرا لأن المار من هذا المنخل بالنسبة لمنحنى
فولر هو ٢٥% (أى أن منحنى فولر یحتوى على ٢٥% ركام صغير ناعم
١٥% ركام صغير خشن) فتكون النسبة المثبة للركام الصغير الناعم
ب بالنسبة للركام الصغير كله هى $\frac{100 \times 20}{35} = 57,1$

٣ - يرسم خط أفقى یوازی المحور الاثنی وعلى ارتفاع منه ٥٧,١ ليقطع
المنخل رقم ٢٥ فی نقطة ه ثم يرسم من ه خط رأسى ليقطع المحور
الاثنی عند النسبة المثبة $\frac{\text{ركام صغير ناعم ب}}{\text{ركام صغير أ + ركام صغير ب}}$
٧٨ =

وتعطى نقط تقاطع هذا الخط الرأس مع بقية المحال الهندسية النسب المثبتة
للمار على المناخل الأخرى الناتجة من خطط الركामين أ + ب بمنسوب —————
٢٢ : ٢٨ وهذه النسبة مدونة بالجدول السابق .

٤ - يتم الحصول بنفس الطريقة السابقة على المحال الهندسية للمناخل التصمة
والخاصة بخطط الركام الخليط الناتج من خطط الركام أ والركام ب بالركام
ج . بأى نسب كما هو مبين بالرسم وذلك بجعل أحد المحورين الرأسيين
يمثل النسبة المثبتة للمار من الخليط أ + ب والمحور الآخر يمثل
النسبة المثبتة للمار من الركام ج وجعل المحور الأفقى يمثل النسبة
الخليط أ + ب
الخليط أ + ب + ج

٥ - يرسم خط أفقى يوازي المحور الأفقى ويبعد عنه مسافة ٣٥% ليقطع
المنخل ^٣ عند نقطة و . ثم يرسم من نقطة و خط رأسى ليقطع
المحور الأفقى عند النسبة المثبتة $\frac{\text{خليط أ + ب}}{١٦}$
٢٤ = $\frac{\text{خليط أ + ب + ج}}{\text{خليط أ + ب + ج}}$

وتعطى نقط تقاطع هذا الخط الرأسى مع بقية المحال الهندسية النسب
المثبتة للمار على المناخل الأخرى الناتجة من خطط الركام أ + ب والركام
ج . بنسبة ٢٤ : ٢٦ وهذه النسبة مدونة بالجدول السابق .

••• نسب خطط ركام أ : ركام ب : ركام ج
٠.٢٢ : ٠.٧٨

٠.٢٢ × ٢٤ : ٠.٢٨ × ٢٤ : ٢٦

••• نسبة الخليط أ : ٣.٥٥ : ٨.٨٦

على بعض الأحيان يلزم خلط ركام كبير أ ذوحميات كبيرة مع ركام كبير ب ذوحميات أصغر ثم خلط الركام الخليط الناتج بركام صغير ج للحصول على الركام ذو التدرج المطلوب كما بالشال الآتى :

مـشـال (٤) :

الجدول الآتى يبين التدرج الحميى لركام كبير أ وركام كبير آخر ب وركام

صغير ج .

والمطلوب تحديد النسب اللازمة لخلط الركام أ : الركام ب : الركام ج .

للحصول على التدرج الحميى المطلوب والمبين فى نفس الجدول .

مقاس التفصيل	النسبة المئوية للمقاس							مقاس
	$\frac{3}{4}$	$\frac{2}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{2}{8}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{3}{16}$	
الركام الكبير أ خالى صغير	١٠٠	٩٠	٤٠	٧	٧	٧	٧	مكرر
الركام الكبير ب خالى كبير	١١	٤٠	١٠	٣	٣	٣	٣	مكرر
الركام الصغير ج	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	٢
الركام الجسيم	١٠٠	١٢	٥٢	٤٠	٢٢	٢٥	٢٨	٣
الخليط أ + ب	٩٦	٤٥	١٢	٣	٣	٣	٣	مكرر
الركام الخليط الناتج أ + ب + ج	١٢	١٦	٤٩	٤٠	٢٥	٢٩	٣٧	١

الحـل :

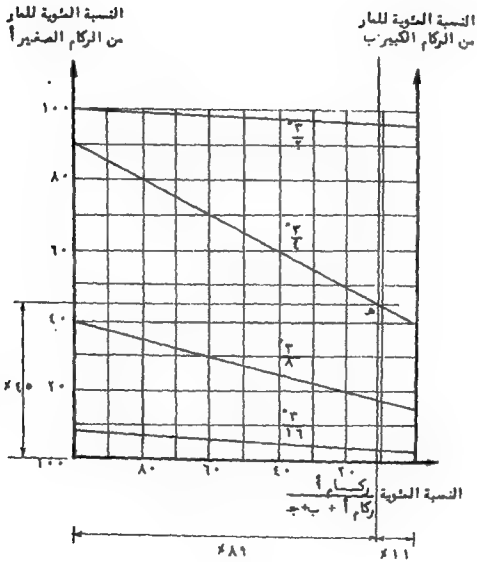
للحصول على خليط للركام أ ، ب ، ج مطابق التدرج الجهبي للركام
المعلوم والمطعن يخلط أولاً الركام الكبير أ مع الركام الكبير ب كالآتي :
١ - يتم الحصول على المحال الهندسية للمناخل التسعة والخاصة بخلطة
الركامين أ ، ب بماى نصب وذلك يجعل المحورين الرأسيين أحدهما
يمثل النسبة المئوية للارمن الركام الكبير أ (مقاس صغير) والمحور
الأخر يمثل النسبة المئوية للارمن الركام الكبير ب (مقاس كبير) وجعل
المحور الأفقى يمثل النسبة المئوية للركام أ

$$\text{ركام أ} + \text{ركام ب}$$

٢ - النسبة المئوية للارمن منخل $\frac{3}{16}$ فى التدرج الجهبي للركام المعلوم
وهى ٤٠ ٪ (أى أن الركام المعلوم يحتوى على ٦٠ ٪ ركام كبير ، ٤٠ ٪
ركام صغير) . ونظراً لأن المنخل $\frac{3}{4}$ هو المنخل الذى يفصل بين
الركام الكبير ذو المقاس الكبير والركام الكبير ذو المقاس الصغير ونظراً
لأن الارمن هذا المنخل بالنسبة للركام المعلوم هو ٦٧ (أى أن الركام
الكبير ذو المقاس الكبير والركام المعلوم هو ٣٣ ٪ . يكون الركام الكبير
ذو المقاس الصغير بالركام المعلوم ٣٧ ٪) .

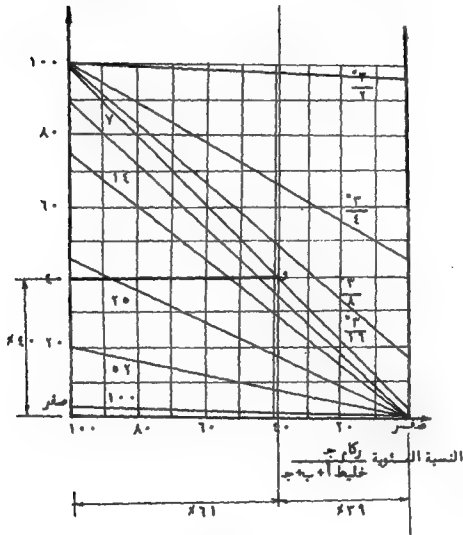
••• النسبة المئوية للركام الكبير ذو المقاس الصغير بالنسبة للركام

$$\text{الكبير ذو المقاس الكبير} = \frac{100 \times 37}{60} = 61.67 \%$$



النسبة المئوية للمار
من الركاب ج

النسبة المئوية للمار
من الركاب أ + ب



٣ - يرسم خط أفقي يوازي المحور الأفقي وعلى ارتفاع $٤٥ =$ لهقطع

المحل الهندسي للمنخل رقم $\frac{٣}{٤}$ في نقطة هـ . ثم يرسم من هـ

$$\text{خط رأس لهقطع المحور الأفقي عند النسبة المثبة} = \frac{\text{ركام أ}}{\text{ركام أ} + \text{ركام ب}} = ١١$$

وتعطى نقط تقاطع هذا الخط الرأس مع بقية المحال الهندسية النسب

المثبة للمار على المناخل الأخرى الناتجة من خلط الركامين أ + ب بنسب

١١ : ٨٩ وهذه النسب مدونة بالجدول السابق .

٤ - يتم الحصول بنفس الطريقة السابقة على المحال الهندسية للمناخل التسعة والخاصة

بخلط الركام الخلط الناتج من خلط الركام الكبير " أ " والركام الكبير

" ب " بالركام " ج " بأي نسب كما هو مبين بالرسم وذلك يجعل أحد

المحورين الرأسيين يمثل النسبة المثبة للمار من الخلط أ + ب والمحور

الأخر يمثل النسبة المثبة للسمار من الركام الصغير ج وجميع

المحور الأفقي يمثل النسبة المثبة

ركام ج

خلط أ + ب + ج

٥ - يرسم خط أفقي يوازي المحور الأفقي ويعد منه مسافة ٤٠ ٪ لهقطع المنخل

$$\frac{٣}{٤} \text{ عند نقطة و . ثم يرسم من نقطة و خط رأس لهقطع المحور الأفقي}$$

$$\text{عند النسبة المثبة} = \frac{\text{ركام ج}}{\text{خلط أ + ب + ج}} = ٣٩ .$$

خلط أ + ب + ج

وتمطى نقط تقاطع هذا الخط الرأسى مع بقية المحال الهندسية النسب المثمة
للمار على المناخل الأخرى الناتجة من خطط الركام أ + ب والركام ج ب بمسبة
٦١ : ٣٩ وهذه النسب مدونة بالجدول السابق .

• . نسب خطط ركام أ : ركام ب : ركام ج :

٠.١١ : ٠.٨٩ :

٠.١١ × ٦١ : ٠.٨٩ × ٦١ : ٣٩ :

١.٠٠ : ٨.٠٩ : ٥.٨١ :

وفى بعض الأحيان يطلب خطط ركام كبير أ مع ركام صغير ب بحيث يكون
الخطط الناتج له تدرج جهيبى يقع بين حدود التدرج الجهيبى التى تحدد هـا
المواصفات . ففى هذه الحالات يمكن الوصول للتدرج المطلوب كما هو مبين بالمثل
الاتسى :

مثال (٥)

المطلوب تعيين نسبة خطط الركام الكبير أ بالركام الصغير البهينسان
بالجدول الاتى للحصول على ركام خطط ذو تدرج جهيبى مطابق لحدود المواصفات
البهينة بالجدول الاتسى .

الحل :

١ - ارم المحال الهندسية للمناخل التهمة والخاصة بخطط الركامين أ + ب
بأى نسب كما سبق شرحه فى الأمثلة السابقة وكما هو مبين بالرسم الاتسى .

النسبة المئوية للتوزيع									مقاس
١٠٠	٥٢	٢٥	١٤	٧	$\frac{\sigma^2}{\mu}$	$\frac{\sigma^2}{\lambda}$	$\frac{\sigma^2}{\tau}$	$\frac{\sigma^2}{\theta}$	
مقاس	مقاس	مقاس	مقاس	مقاس	٧	٤٢	٧٠	٩٠	رقم كبير
٤	٢٢	٥٠	٧٤	٨٨	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	رقم صغير ب
٢	١١	٢٣	٣٠	٣٨	٤٧	٩٠	٨٠	١٠٠	حدود { مقاس
مقاس	٤	٧	١٢	١٨	٢٤	٣٩	٥٠	٨٠	المتغيرات صغيرة
١	٥	١٢	١٨	٢٢	٢٩	٥٦	٧٧	٩٢	على الحد الأقصى بين أ ب
									بسيطة
									١ ٢ ٣

- ٢ - يحدد على المحل الهندسي لكل منخل النسب المثوبة للحدود المنصوص عليها في المواصفات بنقطتين يصل بينهما خط بمسك أكبر .
- ٣ - فالمحل الهندسي للمنخل مقاس ١٠٠ يحدد عليه نقطتين هنا عند النسبة المثوبة للمار ٢ ، صفر والمحل الهندسي للمنخل مقاس ٥٢ يحدد عليه نقطتين عند النسبة المثوبة للمار ١١ ، ٤ وتم رسم خط بمسك أكبر يصل بين كل نقطتين ١٠٠٠٠ الخ .
- ٤ - نظراً لأن الحد الأدنى والحد الأقصى للنسب المنصوص عليها في حدود المواصفات لكل مقاس من الركام لا تقع تحت خط رأس واحد ونظراً لأن النهايات العظمى والنهايات الصغرى للنسب المثوبة للمسار من كسل منخل مختلفة يرسم خطين رأسيين س ، هـ من ليصيرا بينهما جميع النسب التي يمكن بها خلط الركامين أ ، ب كما هو مبين بالرسم .
- ٥ - من الرسم يتضح أن نسب خلط الركام الصغير ب : أ إلى الركام الكبير أ تتراوح بين ٢٠ ٪ - ٣١ ٪ ، ٨٠ ٪ - ٦٩ ٪ .
- فمثلاً يمكن خلط الركام ب بالركام أ بنسبة ٢٥ : ٧٥ مثلاً يحدد النسب المثوبة للمار الخلوط من كل منخل بواسطة الخط الرأس ع واليمين بالرسم وهذه النسب مبينه بالجدول المايلي أيضا .

تعيين المساحة السطحية لحيات الركام
Surface area of aggregates

١ - تأثير المساحة السطحية للركام على خواص الخرسانة :

تعتبر المساحة السطحية لحيات الركام من أهم العوامل التي تؤثر على مقاومة الخرسانة للأحمال حيث أن حبيبات الركام تتماصك مع بعضها بواسطة هجينة الأسمنت المنتشرة على المساحة السطحية للحيات المكونة للركام . فإذا استعملنا خرسانة مكونة من زلط وأسمنت ماء تكون الخرسانة الناتجة :

أ - خرسانة ذات مقاومة ضغط صغيرة لأن المساحة السطحية للزلط صغيرة فهي تتراوح بين ٢ - ٥ سم^٢ / جم .

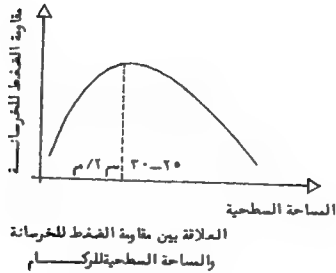
ب - تحتوي على فراغات لعدم وجود حبيبات صغيرة ولعدم إمكان دك حبيبات الركام

أما إذا استعملنا خرسانة تتكون من رمل وأسمنت ماء فإن الخرسانة الناتجة تكون :

أ - خرسانة ذات مقاومة ضغط صغيرة لأن المساحة السطحية للرمل كبيرة فهي تتراوح بين ٦٠ - ١٠٠ سم^٢ / جم فلا يكفى الأسمنت لتغطية المساحة السطحية الكبيرة .

ب - يوجد بالخرسانة فراغات ناتجة من تبخر ماء الخرسانة اللازم لعملية الخلط حيث أن هذه الكمية تكون كبيرة جداً في حالة الحبيبات الصغيرة .
ولما إذا استخدم ركام خيطي صل الخرسانة فإن الخرسانة الناتجة تحتوي طبقى :

- أ - ماء غلط قليل .
 - ب - فراغات أقل لا مكان الدمك التام .
 - ج - مساحة سطحية كافية لايجاد تماسك بين الهيئات تعطى مقاومة ضغط جيدة للخرسانة .
- ومن هذا يتبين أهمية دراسة تعيين المساحة السطحية للهيئات الركام .



٢ - طرق تعيين المساحة المسطحة للركام :

هناك طريقتين لتعيين المساحة المسطحة للركام . في الطريقة الأولى تعتبر جسيمات الركام كرات وهي تصلح لركام البيل أو جسيمات الزلط ذات الشكل الكروي . وفي الطريقة الثانية يؤخذ في الاعتبار أن جسيمات الركام لها أشكال مختلفة وهي تصلح للركام الكبير ذو الأشكال المختلفة ويمكن شرح هاتين الطريقتين كالآتي :

١ - بافتار أن جسيمات الركام عبارة عن كرات :

لإيجاد المساحة المسطحة لجسيمات الركام بافتار أن جسيماته عبارة عن كرات يجرى اختبار التدرج الجهين على الركام - وليكن وزنه الكلي W''

باستخدام المناخل القياسية (١) و (٢) الخ . يحدد وزن الركام المحبوز على كل منخل وليكن W'_1 W'_2 الخ .

ثم يحسب المساحة المسطحة لجسيمات الركام .

ذات الحجم المميز والمحبوز على كل منخل . كالآتي :



(١)

(٢)

(٣)

(٤)

(٥)

(٦)

انما

$W' =$ نفرض أن وزن جسيمات الركام ذات الحجم المميز =

N = عدد جسيمات الركام

d = القطر المتوسط لجسيمات الركام

W = الوزن النومي للركام

وزن الركام ذا الحجم المميز =

$$\frac{4}{3} \pi \left(\frac{d}{2} \right)^3 \cdot N \cdot W$$

$$\frac{\pi d^3}{6} \cdot N \cdot W = W'$$

المساحة المغطاة لجبهات الركاب

$$\text{هذا الحجم الممين} = \frac{1}{2} \pi \left(\frac{d}{2} \right)^2 W$$

$$\text{II} \quad d^2 \frac{6 W'}{\pi d^3 W} =$$

$$\frac{6 W'}{d W} = \text{المساحة المغطاة للركاب هذا الحجم الممين} =$$

$$\left(\frac{6 W'_1}{d_1 W} + \frac{6 W'_2}{d_2 W} + \dots + \frac{6 W'_3}{d_3 W} + \dots \right)$$

$$\text{حيث} \quad d_1 = \text{مقاس النخل رقم (١)}$$

$$d_2 = \frac{1}{\frac{1}{d_1} + \text{مقاس النخل رقم (١)} + \text{مقاس النخل}}$$

$$\text{رقم (٢)}$$

$$d_3 = \frac{1}{\frac{1}{d_1} + \text{مقاس النخل رقم (٢)} + \text{مقاس النخل رقم (٢)} + \dots}$$

وتكون المساحة المغطاة لوحدة الوزن من الركاب =

$$\left(\frac{6 W'_1}{d_1 W} + \frac{6 W'_2}{d_2 W} + \frac{6 W'_3}{d_3 W} + \dots \right) W'$$

ب - باعتبار أن حبيبات الركام لها أشكال مختلفة :

في هذه الطريقة تحسب المساحة المطهرة لحبيبات الركام ذات الحجم المعين على أساس أن لها شكل كروي ثم تصحح المساحة المطهرة المحسوبة بواسطة عوامل الشكل $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$ وبذلك تكون :

$$\text{المساحة المطهرة الحقيقية لوحدة الوزن من الركام} = \left(P_1 \times \frac{6 \sqrt{V}}{d_1 \sqrt{W}} + P_2 \times \frac{6 \sqrt{V}}{d_2 \sqrt{W}} + \dots \right) / \sqrt{V}$$

ولقد أثبتت الدراسات التي أجريت أن عوامل الشكل

$$P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$$

يمكن حسابها كالآتي :

$$P = \frac{\text{المساحة الحقيقية لحبيبات الركام}}{\text{نسبة الفراغات بالركام السائب}} = \frac{\text{مساحة حبيبات الركام ذات الشكل الكروي}}{\text{نسبة الفراغات بالركام المدموك}}$$

$$P = 1 \text{ (في حالة الحبيبات ذات الشكل الكروي) } \cdot$$

يمكن تعيين قيمة P معملياً لكل مجموعة من الركام ذات الحجم المعين والوزن W وذلك بملاءمته له حجم معين V ووزن الوطء قبل ومعد ملئه بالركام السائب وتحسب وزن الركام السائب W_s ثم ملء الأواني مرة ثانية بالركام على ثلاث طبقات وإعطاء كل طبقة الدمك الكافى (٢٥ مرة بواسطة

تقريب الدك القياسي) ثم وزن الاناء وتحديد وزن الركام الكامل الدك W_C

ثم تعيين الوزن النوعي للركام w

$$\frac{W_o \cdot V - W_L}{W_o \cdot V} = \text{نسبة الفراغات بالركام المائى}$$

$$\frac{W_o \cdot V - W_C}{W_o \cdot V} = \text{نسبة الفراغات بالركام المدموك}$$

$$\frac{W_o \cdot V - W_L}{W_o \cdot V - W_C} = F$$

٣ - تعيين نسبة الركام الصغير الى الركام الكبير للحصول على خلط يحقق مساحة

سطحية معلومة :

أولا : الطريقة الحسابية :

يمكن تحديد المساحة السطحية لركام خلط A_m من ركام صغير

وركام كبير إذا طمت المساحة السطحية لكل منهما A_s , A_L

على الترتيب وكانت نسبة خلط الركام الصغير للكبير $n : m$ معلومة

$$A_m = A_s \frac{m}{m+n} + A_L \frac{n}{m+n} \quad (1)$$

بإعادة ترتيب هذه المعادلة :

$$\frac{n}{m} = \frac{A_m - A_l}{A_g - A_m} \quad (2)$$

يمكن من المعادلة (٢) حساب نسبة خط الركام الصغير للكبير

إذا طمت المساحة السطحية لكل من الركام الصغير والكبير A_g , A_l
لعملي مساحة سطحية للخط معلومة A_m

ثانيها : الطريقة البهانية :

يمكن تعيين المساحة السطحية للركام الخط إذا طمت المساحة السطحية

للركام الصغير والركام الكبير ونسبة خط الركام الصغير للركام الكبير بطريقة

بهانية أيضا وتتلخص هذه الطريقة في الآتي :

تعتبر ثلاثة محاور كما بالشكل حيث المحور الأفقي يمثل النسبة المئوية

المساحة السطحية للركام الصغير
والمحوران الرأسيان أحدهما
المساحة السطحية للركام الخط

يمثل المساحة السطحية للركام الصغير والآخر يمثل المساحة السطحية للركام الكبير

وأخذ أ ب = A_g = المساحة السطحية للركام الصغير

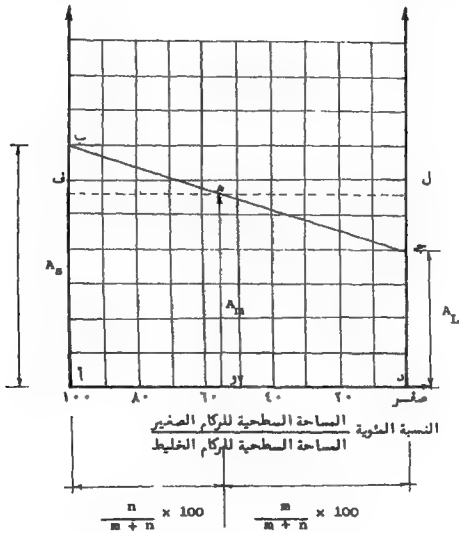
وأخذ ج د = A_l = المساحة السطحية للركام الكبير وتحدد

نقطة و على المحور الأفقي بحيث

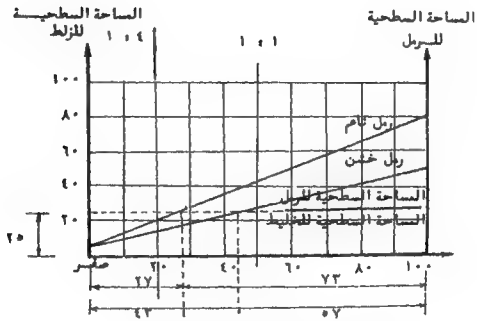
$$و = \frac{n}{m+n} \times 100 \quad و أ = \frac{m}{m+n} \times 100$$

المساحة السطحية
للركام الصغير

المساحة السطحية
للركام الكبير



- من الزلط مع كل من نوعي الرمل بنسبة ١ : ١ : ٤ : ١ • استعمل
كل من الطريقة الحسابية والطريقة الرسومية •



المسئل :

لايجاد نسبة خلط الرمل الناعم مع الزلط تموضى القانون (٢)

$$\frac{m}{n} = \frac{A_m - A_d}{A_m - A_n} \quad \text{بخلط الرمل الناعم مع الزلط بنسبة}$$

$$\frac{m}{n} = \frac{25 - 5}{80 - 25} = \frac{4}{11}$$

• • • نسبة خلط الركام الناعم : الركام الكبير كنسبة ١ : ٢,٧٥

ومن الرسم الهندسى :

$$m : n = 27 : 73 = 1 : 2.7$$

ولايجاد نسبة خلط الرمل الخشن مع الزلط •

$$\frac{m}{n} = \frac{25 - 5}{50 - 25} = \frac{4}{5} = \frac{1}{1.25}$$

• • • نسبة خلط الرمل الخشن : الزلط = ١ : ١,٢٥

ومن الرسم الهندسى :

$$m : n = 43 : 57 = 1 : 1.23$$

ولايجاد المساحة المغطاة للخليط بنسب ١ : ١,٢٥ : ١ : ١

لرمل الناعم مع الزلط تموضى القانون رقم (١)

$$A_m = 80 \times \frac{1}{1+1} + 5 \left(\frac{1}{1+1} \right) = 42.5$$

$$A_n = 80 \times \frac{1}{1+4} + \frac{4 \times 5}{1+4} = 20$$

ولايجاد المساحة المغطاة للخلوط بنصب ١ : ١ : ٤ : ١ للزبل الخشن

مع الزلط .

$$A_m = 50 \times \frac{1}{1+1} + 5 \times \frac{1}{1+1} = 27.5$$

$$A_m = 50 \times \frac{1}{1+4} + 5 \times \frac{(4)}{5} = 11$$

ويمكن ايجاد المساحة المغطاة للخلوط من الرمل والزلط بنصب ١ : ١ : ٤ : ١

بها انها برسم خطين رأسيين عند النسب المئوية ٥٠ % و ٢٠ % كما بالرسم الهائى

المساحة المغطاة للخلط				نسبة الرمل فى الخلط	نسبة
رمل خشن وزلط		رمل ناعم وزلط			الخلط
بها	حسابها	بها	حسابها		
٢٧.٥	٢٧.٥	٤٢.٥	٤٢.٥	%٥٠	١ : ١
١٤	١٤	٢٠	٢٠	%٢٠	٤ : ١

اختبارات الركام

(١) اختبار التدرج الحبيبي للركام

Grading of aggregates

الغرض من الاختبار :

تحديد التوزيع الحبيبي لتهيئات الركام الكبير والركام الصغير بالتحليل بالمناخل القياسية مع توضيح التدرج الحبيبي للركام بمائها ومقارنته بالمواصفات القياسية للركام ، ثم إيجاد تدرج خلوط من الركام الصغير والكبير ذو تدرج معين يصلح لاستخدامه في الخلطات الخرسانية لمعطى خلطة خرسانية طازجة سهلة التشغيل وخرسانة متصلة لها مقاومة الضغط المطلوبة مع مراعاة التوفير في تكاليف أو لاستخدامه في الأغراض الانشائية المختلفة مثل رصف الطرق أو تهيئة التربة تحت خطوط السكك الحديدية ٠٠٠ السخ .

يمكن من نتائج هذا الاختبار أيضا تحديد معايير الترمية لكل من الركام

الكبير والركام الصغير أو الركام الشامل .

تحضير العينة :

تؤخذ العينة من عشرة أماكن متفرقة من كمية الركام ثم تحضر العينة

المراد اختبارها بطريقة التقسيم الربعي كالاتى :

١ - تخطيط المعينة الكلية ثم تجيع على هيئة مخروط وتكرر هذه العملية عدة مرات .

٢ - يسطح الكوم المخروطى بحرف لوح من الخشب يوضعه قطنها فى مركز الكوم ثم يحرك دائريا مع رفعه بعد كل دورة حتى يصبح الركام بصلك واحد يتكون مخروط دافى منه .

٣ - يحدد السطح العلوى بأقسام أربعة هجعد ربمان متقابلان من الأقسام الأربعة ويحكم الجزءان الآخران الى مخروط بنفس الطريقة السابقة ثم تكرر هذه العملية حتى نحصل على الكمية المطلوبة للمهينة .

خطوات الاختبار :

- ١ - تؤخذ عينة الركام الصغير أو الركام الكبير ثم توزن وليكن وزنها و
- ٢ - يوضع الركام فوق المنخل الملوى ثم توضع المناخل فوق الهزاز لهبـ المهينة ميكانيكيا لمدة ٥ دقائق .
- ٣ - يوزن الركام المتبقى فوق كل منخل ثم يحسب الوزن الكلى المتبقى فوق كل منخل بإضافة أوزان الركام المتبقية فوق المناخل التى تحملوه الى أوزان الركام المتبقى عليه كما فى جدول التدرج الجيبى السابق .
- ٤ - تحسب النسبة المئوية للركام المتبقى على كل منخل ثم تحسب النسبة المئوية للركام السار على كل منخل .
- ٥ - يرسم منحنى يمثل العلاقة بين النسبة المئوية للركام البار من كل منخل ومقاس المناخل .

جسمه ول التدريج المهم

النسبة المئوية للمنتج	النسبة المئوية للمنتج	الوزن الكلي للمنتج	السوق للمنتج	مقام المنتج
$100 \times \frac{1}{2} - 100$ $100 \times \frac{1}{2} - 100$ $100 \times \frac{1}{2} - 100$ $100 \times \frac{1}{2} - 100$ $100 \times \frac{1}{2} - 100$	$100 \times \frac{1}{2}$ $100 \times \frac{1}{2}$ $100 \times \frac{1}{2}$ $100 \times \frac{1}{2}$ $100 \times \frac{1}{2}$	1 $1 + 1$ $1 + 1 + 1$ $1 + 1 + 1$ $1 + 1 + 1$	1 1 1 1 1	$\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$

المناقشة : Discussion

- ١ - ما هي قيمة اجراء هذا الاختبار للركام المستخدم في المنشآت الخرسانية ؟
 - ٢ - هل يمكن التحكم في التدرج الجهيبي للركام ؟ بين كيفية ذلك .
 - ٣ - أذكر المناخل القياسية المستخدمة في اختبار التدرج الجهيبي لكل من الزلط والرمل .
 - ٤ - ما معنى منخل قياسي ٥ م ؟ ارسم تخطيط المنخل قياسي وبين موضعا بالرسومات أقسام المناخل القياسية بالنسبة لأبعاد الفتحات وكيفية عمل تلك الفتحات .
 - ٥ - هل المناخل القياسية ذات فتحات مربعة أو مستديرة ؟ ما الفرق بين نتائج الاختبارات اذا استخدمت مناخل ذات فتحات مستديرة وأخرى ذات فتحات مربعة ؟ ولماذا ؟
 - ٦ - اشرح كيفية اجراء عملية نخل الركام في اختبار التدرج الجهيبي (أذكر الاختلالات الواجب مراقبتها حتى تكون عملية النخل سليمة لكل من الرمل والزلط .
 - ٧ - لماذا يجب تجفيف الركام قبل اجراء اختبار التدرج الجهيبي طويلا ؟
 - ٨ - ما هي المدة الكافية اللازمة لانتهاء عملية النخل بكفاءة اذا كانت عملية النخل يدوية أو ميكانيكية ؟
 - ٩ - ما هو المقصود بمعايير النضج Modulus of Finness للركام ؟
- أذكر كيف يمكن تمييزه لكل من الركام الكبير والركام الصغير والركام العائم ؟

وكيف يمكن من المنحنى البهائى للتدرج الجيوى لكل من نوعين من الركام الصغير
مقارنتهما ومعرفة أيهما أصغر من الآخر من وجهة حجم جزيئاته ؟ وهل يمكن
من منحنى التدرج الجيوى للركام معرفة مدى صلاحته للأعمال الخزانة؟
أشرح ذلك .

١٢ - لماذا اختيرت المناخل القياسية المستخدمة فى اختبار التدرج الجيوى
بفتحات مقاس فتحة كل منخل تماوى نصف مقاس فتحة المنخل الذى يحقه بأعسرة
فى الترتيب ؟

١٣ - أشرح كيفية اجراء اختبار التدرج الجيوى لكل من عينات الزلط والريمل
بالمعمل .

١٤ - أشرح طريقة تحضير عينات الاختبار من الرمل والزلط المورد فى موقع
المعمل وبين كيفية تعبئة هذه العينات لأرسالها لمعمل الاختبار .
وما هى الاحتياطات الواجب مراعاتها فى التهيئة وأثناء الفتح وحتى
تكون العينة مثلة تماما للركام الموجود بموقع العمل ؟

١٥ - أذكر النتائج العملية لاختبار التدرج الجيوى لكل من عينات الريمل
والزلط المختبرة تفصيلا مع بيان النبة المثبتة من الركام البار من كل
منخل فى كل حالة .

١٦ - ارسم منحنى التدرج الجيوى لكل من الرمل والزلط باستخدام كل مسن
الطريقة الحسابية والطريقة اللوغاريتمية لبيان تقسيمات المحور الذى يمثل
مقاس المنخل بالرسم .

- ١٧ - ارم المنحنى البياني للتدرج الجيبي للركام الخلط (الركام الشامل)
المجموع من كل من الرمل والزلط المختبر وذلك بنسبة زلط ١ : رمل
تساوى ٢ : ١ •
- ١٨ - عين معيار الترمية Modulus of Finnes لكل من
السيريل والزلط المختبر وكذلك للركام الخلط بنسبة ٢ : ١ الكسور
منها • وبين هل هذا المعايير في الحدود المسموح بها في الأعمال
الخرسانية من عدمه •
- ١٩ - عين المقاس الاخبارى الأكبر للزلط المختبر •
- ٢٠ - بين مدى صلاحية كل من الرمل والزلط المختبر للأعمال الخرسانية
من وجهة التدرج الجيبي باستخدام نتائج الاختبارات المذكورة •
- ٢١ - متى يمكن اختيار نتائج اختبار التدرج الجيبي غير صالحة وأن الاختبار
خاطئ • يجب اعدته ؟

* *

*

(٢) اختبار الوزن النوعي للركام الكبير والصغير

Determination of Specific Weight

For Coarse & Fine aggregates

المفروض من الاختبار :

تحديد الوزن النوعي للركام الكبير والصغير وهو عبارة عن وزن وحدة الحجم للركام الفعلي ولا يشمل الحجم الفراغات الهوائية وهو يحدد في تسميم الخططات الخرسانية .

المعدات :

تؤخذ عينة وزنها ١٠٠ جم للزبل ، ١٠٠٠ جرام للزبلط .

الأجهزة المستعملة :

فرن تجفيف - دسغار سدوج .

خطوات الاختبار :

- ١ - تجفف عينة الاختبار اذا كانت بها نسبة رطوبة في فرن تجفيف تستراوح - درجة حرارته بين ١٠٠ - ١١٠ °م ثم تجهز في مجفف وتوزن ولكن الوزن ١ للزبل ، و ٢ للزبلط .
- ٢ - يوضع كمية من الماء في المخار البدرج ولكن حجمها أ ثم يضاف الركام الصغير أو الركام الكبير وتؤخذ القراءة أمام سطح الماء في المخار بمعد

ازالة الهواء المحصور بين جبهيات الركام بتقليب الماء بواسطة قضيب ولتكنسن ب
للركام الصغير ، ج للركام الكبير .

تحليل النتائج :

$$\frac{W_1}{A_1} = \text{الموزن النوعي للركام الصغير}$$

$$\frac{W_2}{A_2} = \text{الموزن النوعي للركام الكبير}$$

ملاحظة :

في حالة تعيين الوزن النوعي للحجر الجيري يجب طحن العينة حتى تصبح طسي
هيئة بودرة ثم يجرى الاختبار كما سبق حتى يمكن حساب حجم جبهيات الحجر
الجيري بدون حساب الفراغات الهوائية .

المناقشة : Discussion

- ١ - ما هي قيمة تعيين الوزن النوعي لركام الخرمانسة ؟
 - ٢ - اشرح طريقة اجراء اختبار تعيين الوزن النوعي لكل من الزلط والرمل
 - ٣ - ما هي الاحتياطات الواجب مراعاتها عند اجراء هذا الاختبار ؟
 - ٤ - هل يؤثر تغير حجم الركام على قيمة الوزن النوعي له ؟ بين لماذا ؟
 - ٥ - اذكر النتائج المعملية لاختبارات الوزن النوعي التي اجهت على الزلط والرمل .
 - ٦ - ما هو الوزن النوعي الظاهري لكل من انواع الركام الاتية :
- زلط الهم - كمر الحجارة الجوية - كمر الجرانيت -

كمر الحجر الخفاف Faunic Stone رمل الهم

(٣) اختبار تعيين وزن المتر المكعب من الركام الكبير والركام الصغير

Determination of unit weight of coarse
& fine aggregates

الفرض من الاختبار :

معرفة وزن المتر المكعب من الركام الكبير أو الركام الصغير وأحياناً
يطلق عليه اختبار الوزن الحجمي للركام وهو يستعمل في تصميم الخلطات الخرسانية .

الأجهزة المستعملة :

- ١ - وطء معدني أسطوانتي سعة ١ = ٣ لتر للركام الصغير
ووعاء معدني سعة ٥ = ١٥ لتر للركام الكبير .
- ٢ - ميزان حساس .
- ٣ - قضيب الدمك المعدني وطول ٥٠ سم وقطره ١٦ مم وطرفه السفلي مخروطي .

خطوات الاختبار :

- ١ - يوزن الاناء المعدني وهو فارغ .
- ٢ - يملأ الوطء لحوالي $\frac{1}{3}$ ارتفاعاً بالركام الصغير أو الركام الكبير ثم يدمك
٢٥ مرة جيداً بواسطة قضيب الدمك ثم يوضع الثلث الثاني ودمك
٢٥ مرة أخرى ثم يملأ الوطء ودمك ٢٥ مرة ثالثة وتزال الزائدة بالاناء

• ويؤى سطحه بتقريب الدمك

٣ - يؤزن الاناء ثانية وليكن وزنه ω_1 للركام الصغير و ω_2 للركام الكبير .

تحليل النتائج :

$$\frac{\omega_1}{\Gamma} = \text{الوزن الحجمى للركام الصغير}$$

$$\frac{\omega_2}{\Gamma} = \text{الوزن الحجمى للركام الكبير}$$

المناقشة : Discussion

١ - ما هو المقصود بوحدة الوزن Γ unight weight ؟

٢ - ما هى العلاقة بين الوزن النوعى للركام وبين وحدة الوزن له ؟

٣ - اشرح طريقة الاختبار لتحديد وزن المتر المكعب لكل من الزلط والرميل

الكبسوس • Compacted

٤ - أذكر النتائج العملية لمينات الرمل والزلط المختبره •

٥ - عين النسبة المثبة للفراغات • Percentage of Voids

لكل من الرمل والزلط المختبر باستخدام نتائج هذا الاختبار لوزن المتر

المكعب والنتائج العملية لاختبار الوزن النوعى المبيته بالاختبار رقم (٢) •

٦ - أذكر المتوسط التقبى لوزن المتر المكعب لكل من الركام الكبير والركام

الصغير فى حالته وهو سابق Loss وكذلك وهو مكبسوس Compacted

١٠٩ -

- ٧ - ما هو الغرض من تعيين وزن المتر المكعب للركام ؟
- ٨ - أيهما أكبر وزن المتر المكعب لكل من الزلط والرمل أو وزن المتر المكعب للركام الشامل *All in aggregates* الخليط من كل من الرمل والزلط ؟ ولماذا ؟
- ٩ - إذا كان وزن المتر المكعب من كمر الحجر ١٦٠٠ كجم والنسبة المئوية للفراغات به ٤٠٪ من الحجم - احسب قيمة الوزن النوعي للحجر .

١٠

١١

(١) اختيار تعيين النسبة المئوية للفراغات

Determination of Percentage
of Voids of aggregates.

الفرض من الاختبار :

تعيين النسبة المئوية المثبتة لكل من الزلط الكبوس والرمال الكبوس .

يمكن تعيين النسبة المئوية المثبتة للفراغات بالركام الصغير أو الركام الكبير بطريقة معملية

أو بطريقة حسابية كما يأتي :

١ - الطريقة المعملية :

يحدد ملاء الوعاء كما سبق في اختبار تعيين وزن المتر المكعب من الركام
يضاف ماء من مخاريد درج معين حجم الماء المضاف ولكن جـ للركام الصغير
د للركام الكبير .

النسبة المئوية المثبتة للفراغات للركام الصغير = $100 \times \frac{ج}{ب}$

النسبة المئوية المثبتة للفراغات للركام الكبير = $100 \times \frac{د}{ب}$

٢ - الطريقة الحسابية :

يفرض أن حجم الفراغات بالمتر المكعب = ف

وزن المتر المكعب من الركام = وطن / ٢٢

$$\begin{aligned} \text{الوزن النوعي} &= \frac{\text{وزن المتر المكعب و}}{\text{١ - حجم الفراغات}} \\ \text{حجم الفراغات} &= \frac{\text{الوزن النوعي - وزن المتر المكعب}}{\text{الوزن النوعي}} \\ \text{النسبة المئوية للفراغات} &= \frac{\text{الوزن النوعي - وزن المتر المكعب}}{\text{الوزن النوعي}} \times 100 \end{aligned}$$

المناقشة : Discussion

- ١ - ما هي قيمة تعيين النسبة المئوية للفراغات الموجودة بركام الخرسانة ؟
- ٢ - ما هي العلاقة بين وزن المتر المكعب للركام وبين النسبة المئوية المئوية للفراغات الموجودة به ؟
- ٣ - اشرح طريقة اجراء الاختبار لتعيين النسبة المئوية للفراغات بكل مسن الرميبل والزلسط .
- ٤ - أذكر النسبة المئوية للفراغات الموجودة بالركام المختبر .
- ٥ - هل يمكن اخبار النسبة المئوية للفراغات معبرة عن حالة التدرج الحبيبي لحييات الركام ؟ اشرح لماذا ؟

* * *

(٥) اختبار تعيين كمية الطين والمواد الناعمة بالريمل
Determination of amount of clay,
silt and fine dust in sand

الغرض من الاختبار :

تعيين كمية الطين والمواد الناعمة في الريمل وهي كمية المواد التي تترس
من المنخل رقم ٢٠٠ .

الأجهزة المستعملة :

منخلان قياسيان (رقم ٢٠٠) و (رقم ١٤) - وعاء .

طريقة إجراء الاختبار :

- ١ - تخلط العينة خلطاً جيداً ثم تجفف في فرن درجة حرارته ١٠٠ - ١١٠°م
التي أن يثبت وزنها ثم تبرد وليكن وزنها و .
- ٢ - توضع العينة في الوعاء وتغطى بالمالء وتقلب بعدة لفعل الطين والمواد
الناعمة المختلفة بالريمل ثم يصب ماء الغسيل مباشرة فوق المنخلين
القياسيين ٢٠٠ و ١٤ بحيث يكون المنخل ١٤ هو المنخل العلوى .
- ٣ - تكرر هذه العملية الى أن يصبح ماء الغسيل رافقاً ثم تعاد أى مواد قد
تكون طقت على المنخلين الى الوعاء وتجفف هذه الكمية الى أن يثبت وزنها
وتبرد وليكن وزنها و / .

النتيجة :

$$\text{النسبة المئوية للطين والمواد الناعمة} = \frac{w - w_0}{w} \times 100 > 3\%$$

طريقة الاختبار بموقع العمل :

هذه الطريقة تقريبية ويمكن بواسطتها تعيين كمية الطين والمواد الناعمة

بالرمل .

الأجهزة المستعملة :

مخبر مدرج .

طريقة إجراء الاختبار :

١ - ضع ٥٠ سم^٣ من الماء النقي في المخار ثم أضف اليه رمل حتى يصل حجم الماء والرمل ١٠٠ سم^٣ ثم أضف ٥٠ سم^٣ ماء أخرى الى الرمل
وج المخلوط بهذه حتى تتعلق المواد الناعمة والطين بالماء ثم أطبق
على جدار المخار طرقا خفيفا حتى تصبح طبقة الرمل مستوية المصطح
هترك المخار لمدة ٣ ساعات حتى ترسب المواد العالقة .

٢ - يقاس ارتفاع الطبقة الرأسية على سطح الرمل يمكن ملاحظتها بالعين ولكن
س١ يقاس كذلك ارتفاع الرمل بالمخار أسفل الطبقة الرأسية ولكن س ٢ .

النتائج :

$$\text{النسبة المئوية للطين والمواد الناعمة} = \frac{100}{200} \times 100$$

يجب ألا تزيد هذه النسبة عن ٦ % .

المناقشة : Discussion

- ١ - لماذا يعتبر تواجد الطين والمواد الناعمة بكميات كبيرة بركام الخرسانة أمراً غير مرغوب فيه ؟
ولماذا يسمح بكمية من الطين والمواد الناعمة بالربل المستخدم في الأعمال الخرسانية بنسبة لا تزيد عن ٣ % من وزنه ؟
- ٢ - متى يمكن اعتبار كميات الطين والمواد الناعمة القليلة ذات فائدة للخلطات الخرسانية ؟
- ٣ - أشرح طريقة إجراء الاختبار لتحديد النسبة المئوية للطين والمواد الناعمة بالربل المختبر .
- ٤ - ارسم تخطيطاً للأجهزة المستعملة في الاختبار .
- ٥ - لماذا يستخدم في الاختبار منخل ١٤ طلاء طى منخل رقم ٢٠٠ ؟
- ٦ - أشرح كيف تعين النسبة المئوية للطين والمواد الناعمة بالركام المفسفر باستخدام طريقة الترسب في موقع المعسل .
- ٧ - ماهي النسبة المئوية بالجم للطين والمواد الناعمة التي يمكن السماح بتواجد ها بالميسل ؟
- ٨ - كيف يمكن التخلص من الطين والمواد الناعمة الموجودة بالركام الموردة لموقع العمل بقدر الامكان ؟

(٦) اختبار تعيين كمية الشوائب العضوية بالبرسل

Determination of quantity of
organic impurities in sand.

المغرض من الاختبار :

هو تعيين كمية الشوائب العضوية بالبرسل لمغرفة ما اذا كانت هذه الكميات ضارة بالنشآت الخرسانية أم لا ؟ وهل من الضروري عمل اختبارات أخرى للبرسل قبل استعماله ؟

الأجهزة المستعملة :

مخاران مدرجان ولكل منهما خطاء .

طريقة اجراء الاختبار :

يملاء المخار الأول بمونة من البرسل بالحالة المورد بها حتى علامة ١٠٠ سم ٢ ثم يضاف اليه ٣ % أيدريكميد الصوديوم حتى يصير الحجم الكلي ١٥٠ سم ٢ ثم يغطى المخار بغطائه . وفي أثناء اجراء هذا الاختبار يحضر محلول قياس في المخار الثاني يتكون من الآتسى :

$\frac{1}{4}$ سم ٢ ٣ من محلول ٢ % حامض النتريك المذاب في ١٠ % كحول .

$\frac{1}{4}$ سم ١٧ ٣ من محلول ٣ % أيدريكميد الصوديوم . ثم يغطى المخار بغطائه

هرج بعدة ثم يترك لمدة ٢٤ ساعة •

النتائج :

إذا كان لون المحلول الموجود فوق الريل أقم من لون المحلول القياسي فيدل ذلك على احتواء الريل على كمية ملحوظة من الشوائب العضوية وحينئذ لا يعتبر مقبولا إلا إذا أجهت عليه اختبارات أخرى تبين مدى الضرر الناتج من استخدامه •
صحت أن يكون ذلك بإجراء اختبار مقاومة الضغط لخرسانة يستعمل فيها الريل المختبر ومقارنة نتيجته بنتيجة اختبار مقاومة الضغط لخرسانة أخرى استعمل فيها ريل معروف بجودة خواصه •

الناقشة : Discussion

- ١ - ما هي القيمة العملية لهذا الاختبار ؟
- ٢ - ما هي الشوائب العضوية التي توجد عادة بالريال ؟
- ٣ - ما هو تأثير تواجد الشوائب العضوية بالريل على الخرسانة ؟
- ٤ - متى يمكن اعتبار أن كمية الشوائب العضوية بالركام مسموح بها ؟ ولماذا ؟
- ٥ - اشرح طريقة إجراء الاختبار للتعرف على تواجد الشوائب العضوية بالركام •
بكمية ضارة غير مسموح بها في الأعمال الخرسانية •
وضيح أجابته بالرسومات •
- ٦ - ما هي الاختبارات الأخرى التي تجرى للتأكد من سلامة استخدام الريل في المحتوى على كميات من الشوائب العضوية قبل السماح باحتماله في المنشآت الخرسانية ؟

(٧) اختبار الزيادة الحجمية للرمل

Determination of moisture effect
on fine aggregate (i.e. Bulking of
sand)

الفرض من الاختبار :

توضح أن وجود الرطوبة بالرمل الجاف ثم تغطيه يحبان في زيادة كبيرة في حجمه ، وإيجاد العلاقة الهامة بين النسبة المئوية لوزن الماء بالنسبة لوزن الرمل والنسبة المئوية المناظرة للزيادة في حجم الرمل وإيجاد النسبة المئوية المتطابقة للزيادة في حجم الرمل والنسبة المئوية المناظرة للماء الجاف .

غاية الاختبار :

يؤخذ حوالي ٢٠٠٠ جم من الرمل الجاف .

الأجهزة المستخدمة :

وعاء مطواني سعة ١ لتر ولوح غير سامي وخار مدرج .

طريقة إجراء الاختبار :

- ١ - يملأ الوعاء بالرمل الجاف ويكس جزئياً ثم يمين وزن الرمل الجاف .
- ٢ - يسكب الرمل من الوعاء على اللوح غير السامي يضاف إليه الماء بمقدار ١ ٪

من وزن الرمل الجاف •

٢ - يقلب الرمل حتى يصبح متجانساً •

٤ - يعاد ملاء الوعاء بالرمل الموطب ويكس جزئياً بنفس الطريقة عندما كان الرمل

جافاً وهو على سطح الرمل يوضع الرمل الزائد في المخار المدرج معين حجم

هذه الزيادة •

٥ - تكرر هذه العملية بنسب ما مضافة كالآتى :

٢٢ % ٤ % ٦ % ٨ % ١٠ % ١٢ % ١٦ % ٢٠ % ٢٢ %

٢٤ % ٢٦ % ثم تدون نتائج الاختبار في جدول كالآتى :

ثم يرسم المنحنى البياني الذي يبين العلاقة بين النسبة المئوية للزيادة

في حجم الرمل والنسبة المئوية للماء المضاف •

ملاحظ أن إضافة الماء الى الرمل تقلبه تساعد على زيادة حجم الرمل

وتستمر هذه الزيادة في حجم الرمل حتى نصل الى نسبة معينة من الماء بالنسبة

لوزن الرمل فتهبأ ثانية هذه الزيادة في حجم الرمل في النقصان حتى يصل الرمل الى

حجمه الأصلي •

والسبب في ذلك أن إضافة الماء للرمل ثم تقلبه تساعد على تخليص

كل حبة رمل بغشاء رقيق جداً من الماء يزداد سمكه كلما زادت كمية الماء • وهذا

يعاد على زيادة الحجم كمثل حبة رمل وبالتالي الى زيادة الحجم الكلي للرمل •

وعندما تصل النسبة المثبتة للماء المضاف بالنسبة لوزن الرمل حد معين يصير وزن هذا الغشاء المائي ثقيل وتقوم الأوعية الموجودة حول حبيبات الرمل بالتداخل مع بعضها وتبدأ في ملأ الفراغات بين حبيبات الرمل فيقل حجم الرمل بالتدريج مع اضافته الماء حتى يصل الى حجمه الأصلي .

المناقشة : Discussion

- ١ - ما هو المقصود بزيادة حجم الرمل *Bulking of sand* نتيجة الرطوبة والتقلب الشديد ؟
- ٢ - اشرح سبب زيادة حجم الرمل *Bulking of sand* حتى قيمة معينة ثم نقص تلك الزيادة ثانية بالاستمرار في اضافة الماء والتقلب .
- ٣ - اشرح الاختبار الذي أجرى في المعمل لبيان تأثير الرطوبة والتقلب على حجم الركام الصغير . ارسـم تخطيطاً للأجهزة التي استخدمت في الاختبار .
- ٤ - أذكر النتائج العملية لهذا الاختبار أي كمية الماء المضافة كنسبة مئوية من وزن الرمل وقدر الزيادة في الحجم كنسبة مئوية من حجم الرمل . ثم أرسـم المنحنى البياني للعلاقة بينهما . وبين كمية الماء التي تحدث عنها أكبر زيادة في الحجم .
- ٥ - هل لحجم *Size* الركام تأثير على الرسم البياني صاف الذكر ؟
 وبين ذلك للرمل الصغير والمتوسط والكبير . اشرح سبب التغير في كل حالة ثم بين لماذا لا يصحود الرمل الصغير ابدأ بحجمه الأصلي باستمرار اضافة الماء والتقلب ؟
- ٦ - ما هي القيمة العملية لنتيجة هذا الاختبار بالنسبة للخلطات الخرسانية بالنسبة للرمل المحتورد لموقع المعمل ؟

(٨) اختبار مقاومة الركام الكبير للاحتكاك والبرى

Determination of Hardness of

Coarse aggregates to wear,

الفروض من الاختبار :

هو تحديد معامل مقاومة الركام الكبير للاحتكاك والبرى يستعمل هذا المعامل للمقارنة بين نوعين من الركام وقمته تعطى فكرة عن مقاومة الركام للتآكل نتيجة الاحتكاك .

هيئة الاختبار :

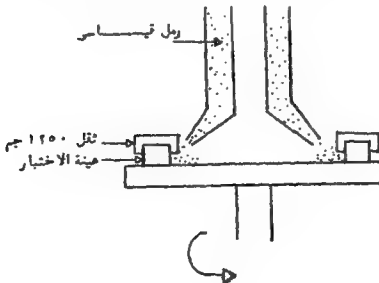
- تجهز قطعتان من الركام الكبير كل منهما على شكل اسطوانة ارتفاعها ١٠ سم وقطرها ١٠ سم سطحها مستويين وتوازئين وتماثلين على محور المنتصف .

الأجهزة المستخدمة :

ماكينة الاختبار المبينة في الرسم ويزان حماس .

المادة المساعدة على الاحتكاك :

- وهي عبارة عن رمل جاف يمر من المنخل ٠.٠٧٥ مم ويبقى على المنخل ٠.٠٧٥ مم .



طريقة حل الاختبار :

- ١ - تجفف قطعة الاختبار في فرن درجة حرارته تتراوح بين ١٠٠ - ١١٠ °م
- ٢ - توزن العينتان وليكن وزن العينة و ثم تثبت في ماكينة الاختبار وضغط على العينة بضغط قدرة ١٢٥٠ جـم .
- ٣ - يدور قرص الماكينة الف دورة بسرعة ٣٠ لفة / دقيقة مع سكب السادة المساعد على الاحتكاك فوق القرص .
- ٤ - يعاد وزن بالعينة بعد التجربة لتحديد الفاقد على كل عينة .

النتائج :

$$\text{معامل مقاومة الركاب للاحتكاك} = ٢٠ - \frac{\text{الفاقد في الوزن}}{٣}$$

المناقشة : Discussion

- ١ - ما هي القيمة العملية لتمييز معامل الصلادة للركاب الكبير ؟
- ٢ - ما هي الاشتراطات الواجب توافرها في عينة الاختبار ؟
- ٣ - ما هو تحليل أن معامل الصلادة = ٢٠ - $\frac{1}{3}$ الفاقد في الوزن بالجرام
- ٤ - اشرح طريقة اجراء الاختبار لتمييز معامل الصلادة للزلط وارسم الأجهزة المستخدمة في الاختبار .
- ٥ - اشرح كيف يمكن تمييز معامل مقاومة الركاب الكبير للتآكل نتيجة الاحتكاك باستخدام مكنة لوس انجلوس للتآكل .
- بين هل يوجد علاقة بين تحديد مقاومة الركاب الكبير للتآكل باستخدام معامل الصلادة واستخدام اختبار لوس انجلوس ؟

(١) اختبار مقاومة الركام الكبير للتشقق

Determination of crushing

strength of coarse aggregates

الفرض من الاختبار :

هو تعيين مقاومة الركام الكبير للتشقق والتي تعطى فكرة عن مدى مقاومة

هذا الركام للتشقق .

الأجهزة المستعملة :

- ١ - قضيب معدني مستقيم قطره ١٦ سم وطوله ٥٠ سم .
- ٢ - اسطوانة من الصلب مفتوحة الطرفين لها مكبس وقاعدة من الصلب كما في الشكل .
- ٣ - ميزان حساس .
- ٤ - مكسال اسطوانى .
- ٥ - مئakنة اختبار للضغط .

هيئة الاختبار :

- ١ - ينخل الركام يستعمل الركام لمار من النخل ١٦ م والحجوز على النخل ١٠٠ م في اجراء الاختبار .
- ٢ - يوضع الركام في الكمال ثم يسوى السطح .
- ٣ - تجفف هيئة الاختبار في فرن درجة حرارته تتراوح بين ١٠٠ - ١١٠° م ثم
تبرد ويمكن وزنها .

الخرسانية والمستخدم في أعمال الطرق الخرسانية ؟

اشرح المبني في اختلاف القيمة في كلا الحالتين .

٣ - متى يكون من الضروري اجراء اختبار مقاومة الركاب للتهشم وهل أعمال

المنشآت الخرسانية العادية تتطلب هذا الاختبار ولماذا ؟

٤ - اشرح طريقة اجراء اختبار مقاومة الركاب للتهشم وارسم الأجهزة المستخدمة

في اجراء الاختبار .

٥ - أذكر النتائج العملية لاختبار مقاومة الزلا للتهشم بالتجربة التي أجريته

ثم احسب منها قيمة معامل الزلزل للتهشم .

٦ - أذكر المتوسط التقريبي لقيمة معامل التهشم لكل من أنواع الركاب القهـمـر

الآتية :

زلا الهـمـر - كسر الأحجار الجوية لمنطقة الكس (حجر غير جيد)

كسر الحجارة الجوية لمنطقة علم المرقم (حجر جيد - كسر بازلت - كسر

جرانيسيت) .

الباب الثالث

الأسمنت

Cement

الأسمنت هو المادة التي لها خاصية التماسك والتلاصق والتي تتكون من ربط جزيئات الركام وواد البناء لتكوين كتلة بناء متكاملة يعتبر الأسمنت من أهم المسـوـاد الانشائية فهو على الصلب من حيث الأهمية كمادة انشائية وتعتبر الاستعمالات الرئيسية للأسمنت في أعمال البناء كالآتي :

أ. - مادة لائحة لربط الأجزاء بعضها ببعض مثل مونة الأسمنت والرمل والتي تعمل على تماسك الطوب أو الحجارة السخ .

ب. - مادة يبايض لتغطية حوائط المبانى كونه أسمنت أو أسمنت صافى .

ج. - مادة بناء لعمل أجزاء المبانى الخرسانية كالأعمدة والأبواب والكسرات والهلاطات ... الخ بعد خلطها مع الركام المناسب لتكوين خلطة خرسانية .

والأسمنت البورتلاندى هو المادة الناتجة من طحن وتسخيم ناتج حرق الحجر الجيري والمواد الطينية (مع نسبة بسيطة من الألمنيوم وأكسيد الحديد المهيكل) والأحجار الجيرية المصهرة المستخدمة تحتوى على كبريتات كالسيوم بنسبة ٩٠% - ٩٨% وسليكا بنسبة ٥% - ١٤% يجب مراعاة عدم استخدام

الأحجار الجيرية المحتوية على نسبة عالية من المنغنسيوم لأن ذلك يؤثر على نوع الأسمت الناتج . وأنواع الطين التي يمكن استخدامها في صناعة الأسمت بوجه عام هي :

أ - طين الطبقة الطباشيرية :

ويحتوى طينى :

كربونات كالسيوم	٢٣%
صوديوم	١٣%
بيوت وفوسفات كالسيوم	

ب - الطين الغرينى :

يوجد عدد منصات الانهار وقيعان البحيرات .. ويتكون من :

سليكا	١٩٨%	مـ	١٥٠%
ألومينا	١٥٦%	فلـ	١٢%
أكسيد كالسيوم	١٢%	كربونات كالسيوم	٣٧٦%

ج - طين خزفى :

وهي مخالطة طينية من كربونات الكالسيوم والطين يجب أن يحتوى النسرع المستخدم منه في صناعة الأسمت على ٦٠% كربونات كالسيوم .

نسبة تركيب المواد الخام للأسمنت :

يجب أن يحتوى مخلوط المواد الخام الأولية فى صناعة الأسمنت طمسى

٧٥ - ٧٧ ٪ كبريتات كالميوم ، ٢٥ - ٣٣ ٪ طين .

طريق صناعة الأسمنت :

تتم صناعة الأسمنت الهولتلاندى بطريقتين رئيسيتين هما : الطريقة الجافة

والطريقة الرطبة :

أ - الطريقة الجافة :

وهي تكون المواد الخام الطينية والأحجار الجيرية جافة فى جميع مراحل الصناعة

وهي تفضل عن الطريقة الرطبة فى حالة ارتفاع سعر الوقود أو عدم توافر المياه

اللازمة كما فى بلاد الجزيرة العربية أو عندما تكون المواد الخام صلبة لايسهل

تفتتها بالماء .

ب - الطريقة الرطبة :

وهي تخلط الخامات المستعملة مع كمية ماء تتراوح بين ٣٢ - ٤٠ ٪ من

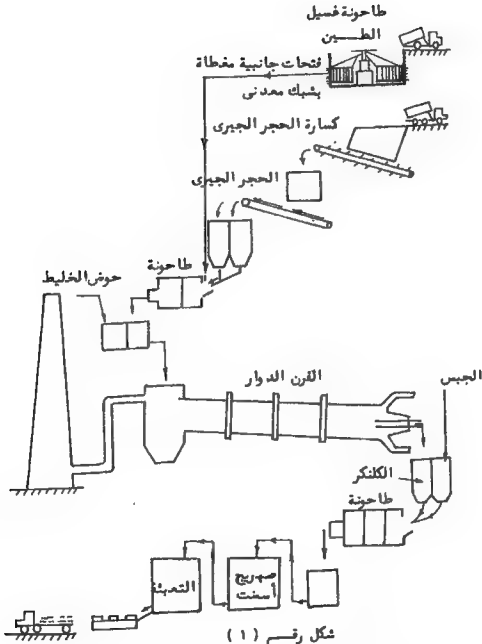
الخليط وهي تفضل عن الطريقة الجافة عندما تحتوى المواد الخام على نسبة

رطوبة عالية وتوافر موارد المياه .

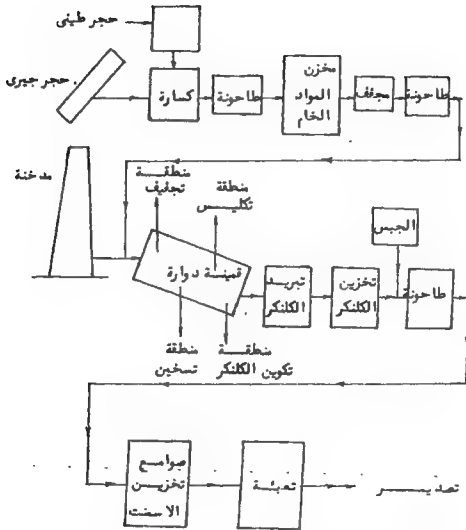
وعلى العموم يفضل استعمال الطريقة الرطبة لسهولة الحصول على خطوط جيدة متجانس للمواد الخام الداخلة للفرن كما أن الأسمنت الناتج تكون خواصه متجانسة وجيدة وتستعمل جميع مصانع الأسمنت في مصر هذه الطريقة .

وتتلخص الخطوات الرئيسية لصناعة الأسمنت البورتلاند في اختيار مكان مناسب للمصنع بجوار المواد الخام الموجودة بكمية كافية ويمكن استعمالها لفترة طويلة وأن يكون قريباً من العمران مراعاة لتكاليف النقل وأن تحتوي المواد الخام على المكونات الكيميائية المطلوبة لصناعة الأسمنت ثم تكسيرها وطحنها وغلطها وتكليسها (أي تسخينها لدرجة حرارة عالية) ثم تبريد الكلنكر (ناتج التسخين) وطحنه وإضافة الجبس بالنسبة المناسبة وتنعيم الخليط وتميئة الأسمنت وإعدادها للاستهلاك المحلي والتصدير الخارجي .

والشكلين (١) و (٢) تمثل رسماً تخطيطياً للتابع عملة صناعة الأسمنت البورتلاند بالطريقة الرطبة والطريقة الجافة على الترتيب يستعمل في تكسير الأحجار الجيرية كمسارات فكية تتكون من فكسين من الصلب تقوم بكسر الأحجار حتى أقطار حوالي ٢٠ سم ثم تكسر هذه الأحجار بعد ذلك بواسطة كمسارات مطرقة تستطيع تكسير الأحجار إلى مقاسات صغيرة يمكن إدخالها إلى الطواحين بإهارة . والمصانع الحديثة لصناعة الأسمنت بالطريقة الرطبة مجهزة بأحواض لفصل الطين ووجودها أعلاماً ذراعاً أخرى متحرك يتدلى منه أذرع رأسية تصل إلى قاع الحوض وتعمل على ألا يترسب الطين وتساعد فسي



رسم تخطيطي لتتبع عملية صناعة الاسمنت البورتلاندى
بالطريقة الرطبة



شكل رقم (٢)

رسم تخطيطى لانتاج صناعة الاسمنت البورتلاندى
بالطريقة الجافة

هلية الخلط مخرج الخلط من جوانب الحوض أثناء الخلط من خلال فتحات جانبية مغطاة بشبك معدني يسمح بمرور قطع الطين ويخزن الخلط الناتج في صهاريج تخزين الطيننة .

ويخلط كسر الحجر الجيري والمواد الطينية وتجرى عملية طحن للمواد الأولية في اسطوانات كبيرة مزودة بمجموعة من الكرات المعدنية الصلبة تقوم بعملية الطحن . ثم تحرق المواد الأولية المطحونة في أفران دوارة مصنوعة من الصلب المبطن بالطوب الحراري وتوضع طبقة من مادة عازلة بين الاسطوانات والطوب الحراري لمنع تسرب الحرارة . ويقتل قبل ادخال المواد الخام الى الأفران الدوارة التخلص من بعض مياهها الداخلة للفرن باستخدام مرشحات وتغذية الأفران بهواء ساخن مسخن خزانات تستقبل ناتج حرق الأفران حتى يمكن التوفير في كمية الوقود المستعملة .

وتند حل المواد الخام الى الفرن الدوار باستمرار من أعلى اما رطبة أو جافة حسب طبيعة الصناعة وفي الجزء الأول من الفرن الدوار تتم عملية تجفيف للمواد الخام تلبيها عملية التصخين (وعند درجة حرارة ١٠٠٠° يتبخر الماء) تلبيها عملية التكلس ولبيها ترتفع درجة الحرارة من ٨٠٠ - ٩٠٠° بهدف تاني أكسيد الكبريت من كربونات الكالسيوم ويتكون أكسيد الكالسيوم الذي يتفاعل مع أكسيد الألومينا وأكسيد السيليكون الناتجين من الطينات مكونا الكلنكر عند النهاية المغلى للفرن وهو يتكون من مركبات جديدة لمؤخذ هتم تبينه . وتخزينه ثم يضاف الجبس الى الكلنكر بنسبة تتراوح بين ٢ - ٦ % بالوزن ويخلط الخلط الكلنكر والجبس الى درجة النعومة المطلوبة ويخزن الأسمنت ثم يباع

٣ - يتحد أكسيد السليكون مع جزء من أكسيد الكالسيوم مكوناً ثاني سليكات الكالسيوم

٤ - يتحد ما تبقى من أكسيد الكالسيوم من الخطوات السابقة مع ثاني سليكات

الكالسيوم مكوناً ثالث سليكات الكالسيوم .

٥ - يتركز أكسيد المغنسيوم بدون اتحاد .

ونتائج التحليل الكميائي لعينة من الأسمنت الهولندي كالاتي

جـ	(كـ ١)	من	٦٠ - ٦٥ %
أكسيد سليكا	(بر ٢)	من	٢٠ - ٢٤ %
ألومينا	(لو ٢)	من	٤ - ١٠ %
أكسيد الحديد	(ح ٢)	من	٢ - ٤ %
أكسيد ماغنسيوم	(ما ١)	من	١ - ٣ %
ثالث أكسيد الكبريت	(كب ٣)	من	١ - ٢ %
ماء وثاني أكسيد الكربون		من	١ - ٢ %
قلويات		من	١ - ١ %
مواد غير ذات أهمية			١١ %

يحدد نسبة الجير الى الطين في الأسمنت معايير تشجع الجير .

معايير تشخيص الجسيمات

أكسيد النحاس - ٠.٧ ثلث أكسيد الكبريت

١.٨ ثاني أكسيد السليكون + ١.٢ ثلث أكسيد الألومينا + ٠.٦٥ أكسيد الحديد

وتتراوح قيمته بين ٠.٦٦ - ١.٠٢

حيث تقدر قيمة الأكاسيد المبنية في المعادلات الكيميائية السابقة الذكر

كمية مئة من وزن عينة الأسمنت .

معايير أكسيد الكالسيوم (المعيار المائي للأسمنت) =

كما

$$= \frac{\text{من ١.٨ - ٢.٢} \%}{\text{س}^{\text{أ}}_{٢\text{C}} + \text{س}^{\text{أ}}_{٢\text{O}}}$$

معايير السليكا =

$$\frac{\text{س}^{\text{أ}}_{٢\text{O}}}{\text{س}^{\text{أ}}_{٢\text{C}} + \text{س}^{\text{أ}}_{٢\text{O}}} \quad \text{من ٢ - ٢.٥} \%$$

معايير أكسيد الألومينا =

$$\frac{\text{س}^{\text{أ}}_{٢\text{O}}}{\text{س}^{\text{أ}}_{٢\text{C}}} \quad \text{من ١ - ٥} \%$$

يجب مراعاة أن زيادة كمية الجهر تحبب تكون الكلنكر مبكرا وتقلل من حرارة

التسخين وتضع الطين والاولونيسا من اتمام التفاعل كما أن هذه الزيادة تحبب عدم

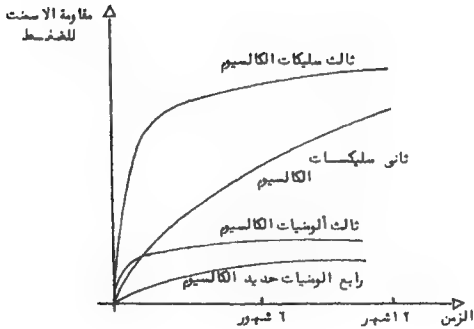
ثبات حجم الأسمنت .

وزيادة السليكا مع خفض نسبة الألويسينا تجعل الأسمنت يطيء الشك بينما يخفض نسبة السليكا وزيادة نسبة الألويسينا تجعل الأسمنت سريع الشك .
وأكد الحديد يغطي الأسمنت اللون الرمادي ويعتبر وجود الماء مهم بالأسمنت ضار يجب ألا تزيد قيمته عن ٤ ٪ أما ثالث أكسيد الكبريت فيساهد على تأخير زمن الشك للأسمنت يجب ألا تزيد قيمته عن ٢,٧ ٪ من وزن الأسمنت . وتوجد القلويات بكمية ضئيلة في الأسمنت يجب ألا تزيد قيمتها حتى لا تعيب التفاعل القلوي للركام في الخرسانة .

وقد أضاف الماء للأسمنت يتفاعل ثالث سليكات الكالسيوم مع الماء بسرعة وتكون مادة جيلاتينية لها جودة التلاحم ينتج عن هذا التفاعل درجة حرارة وهو يغطي المقاومة للخرسانة في الأربعة طريرجيا الأولى . أما ثاني سليكات الكالسيوم فتتفاعل مع الماء بسيط . وتصبب تصاعد يطيء للحرارة وهي التي تصيب زيادة مقاومة الخرسانة في الفترة ما بين ١٤ - ٢٨ يوما بعد ذلك كما أنها تصاهد على شتات حجم الأسمنت وتقلل الانكماش بعد الجفاف وتجمعه نظام لتأثير الكميات .

أما ثالث السينات الكالسيوم فيتفاعل مع الماء بسرعة تصاحب ذلك درجة حرارة عالية وهو الذي يساهد على التصلد المبدي وتأثيره بسيط على قوة الأسمنت النهائية ولا يقاوم التأثيرات الكيميائية وخاصة الكبريتات . أما رابع الألويسينات حديد الكالسيوم فتتفاعل مع الماء بسيط وليس لها أي تأثير على أي خاصية من خواص الأسمنت فلا تعتبر كمادة لاجئة ولا تؤثر على قوة ضغط الاسمنت .

وتعمل درجة الحرارة العاصجة لتفاعل الأسمنت مع الماء الى حوالي 10°C
في حالة استعمال الأسمنت البورتلاند وحوالي 40°C اذا استعمل الأسمنت سريع
التصلد وحوالي 100°C اذا استعمل الأسمنت الاكوسسيني .



الخواص الميكانيكية والطبيعية للأسمنت البورتلاندى :

أ - نعومة الأسمنت : Finness of cement

أن زيادة نعومة الأسمنت تزيد من المصاحة المصطحية للأسمنت ما يساعد على سرعة تفاعل الأسمنت مع الماء الضاف إليه كما أن حبيبات الأسمنت الخشنة لا يتفاعل الجزء الداخلى منها مع الماء الا بعد فترة طويلة وقد لا يتفاعل هذا الجزء مطلقا ففى الخلطات الجافة ولذلك فان نعومة الأسمنت تعطى له قوة مبكرة كبيرة وتساعد على ثبات حجمه وتقلل من انكماش الخرسانة وتحسن من قابليتها للتشغيل . وتنص المواصفات القياسية على أن درجة نعومة الأسمنت يجب أن تكون بحيث لا يتبقى على المنخل رقم ١٧٠ أكثر من ١٠% للأسمنت البورتلاندى المادى (مواصفات قياسية مصر - ١٧٠) ولا يتبقى على المنخل رقم ٢٠٠ أكثر من ٢٢% (مواصفات الجمعية الأمريكية لاختبار المواد) . ويمكن تحديد نعومة الأسمنت بحساب المساحة المصطحية بجهاز بلسون وهى تتراوح بين ٢٤٠٠ - ٢٨٠٠ سم^٢ / جم للأسمنت البورتلاندى المادى وهى ٣٥٠٠ - ٤٢٠٠ سم^٢ / جم للأسمنت سريع التصلد وتتوقف نعومة الأسمنت على طريقتى صناعته ومكوناته الكيميائية ودرجة الاحتراق والطحن ومدته ونوع الطواحين المستعملة .

ب - الوزن النوعى specific weight of cement

يكون الوزن النوعى للأسمنت حوالى ٣.١٥ وتتوقف قيمته على مكونات الأسمنت

- الكيميائية وعلى نموة الأسمنت يستعمل فى بعض طرق تصميمات الخلطات الخرمانيسة •

ج - زمن شك وتصلد الأسمنت الهورتلاندى المادى
 "setting time of cement"

عند اضافة الماء الى الأسمنت تتكون عجينة لدنة تفقد لدونتها بمرور الوقت وعندما تفقد عجينة الأسمنت هذه اللدونة تماما يقال أنها قد شكته وهناك زمن شك ابتدائى وزمن شك نهائى للأسمنت وتتطلب المواصفات ألا يقل زمن الشك الابتدائى عن ٤٥ دقيقة وألا يزيد زمن الشك النهائى من عشر ساعات حيث أن صغر زمن الشك الابتدائى لا يسمح بوضع المونة فى مكانها صالحة كمادة لائحة ولا يحمل على تصلبد الخرمانة قبل نقلها ووضعها فى مكان الصب كما أن زيادة زمن الشك النهائى يعمل على تأخير ازالة القدرات الخشبية للخرمانة وخراتام الانشاء واستعمال المنشأ ، وتؤثر العوامل الآتية على زمن شك الأسمنت :

١ - التركيب الكيميائى ونسبة الجبس المضاف (٢ - ٦ ٪) الى الكلنكر لتأخير

زمن الشك •

- ٢ - درجة التكليس ودرجة التعموسة •
- ٣ - درجة الحرارة والرطوبة •
- ٤ - كمية الماء المضاف للخلط وسدة الخلط •

فى حالة عدم اضافة جسيم فان ثالث الوسيئات الكالسيوم ورابع الوسيئات
 حدد الكالسيوم يساعد ان على الفك اللحظى للأمنت نتيجة تكون بلمبات
 الوسيئات ثلاثى الكالسيوم المائية أما فى حالة اضافة الجسيم فانه يعمل على تقليل
 تركيز ثالث الوسيئات الكالسيوم فلا تنفصل هذه البلمبات حتى يستنفذ الجسيم
 أولا فعمل الباقى من ثالث الوسيئات الكالسيوم على فك الأمنت اللحظى نتيجة تكون
 هذه البلمبات وإذا كانت كمية الجسيم كبيرة بحيث يستنفذ ثالث الوسيئات الكالسيوم أولا
 يبدأ ثالث سليكات الكالسيوم فى العمل على انفصال بلمبات ابرهة فى وسط جيلاتينى
 من ثانى سليكات الكالسيوم الذى يتم تبلوره ببسط *

د - مقاومة الأمنت البورتلاندى : strength of cement

نظرا لأن مقاومة الشد فى الأمنت ضعيفة جدا فان مونة الأمنت
 والخرسانة تكون هى أيضا ضعيفة ولمست ذات أهمية ولا يعتبر اختبار الشد اختصارا
 قياسيا فى المواصفات لتحديد مقاومة الشد بعمل قوالب خاصة من مونة الأمنت والرمل
 (رمل قياسي) بنسبة ١ : ٣ بالوزن مع اضافة ٨ ٪ من وزن الرمل والأمنت بحمل
 اختبار الشد للأمنت منج التصلد فقسط *

أما مقاومة الأمنت للضغط فهى عالية ولذلك فان مقاومة الضغط للخرسانة
 والمونة أيضا عالية ويحدد اجهاد الضغط باختبار مونة من الأمنت والرمل (ريل قياسي)
 بنسبة ١ : ٣ بالوزن مع اضافة ١٠ ٪ من وزن الرمل والأمنت وذلك بحمل

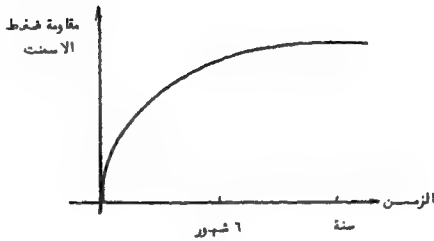
قوالب مكعبة من مونة الأسمت طول ضلع المكعب ٢٠٦ سم (أى مساحة سطح
المكعب = ٥٠ سم^٢) وتنص المواصفات على أن مقاومة الضغط لمونة الأسمت للمنفذ
أنواع الأسمت البورتلاندى كالآتى :

نوع الأسمت	مقاومة الضغط بالمكجم / سم ^٢	
	بعد ٣ أيام	بعد ٧ أيام
بورتلاندى عادى	لا تقل عن ١٥٤	لا تقل عن ٢٣٨
بورتلاندى حديدى	لا تقل عن ١١٢	لا تقل عن ٢١٠
بورتلاندى صرح التسليح	لا تقل عن ٢١٠	لا تقل عن ٢٨٥

المعامل المؤثرة على مقاومة ضغط الأسمت :

- أ - كلما صغرت درجة حرقة مواد الأسمت من الدرجة المطلوبة تقل مقاومة الأسمت للضغط .
- ب - زيادة نسبة جزيئات الأسمت تزيد من مقاومة ضغط الأسمت .
- ج - كلما زادت نسبة ثالث سليكات الكالسيوم و/ أو ثالث الهيدروكسيدات الكالسيوم فمسي الأسمت تزيد مقاومة الأسمت المبكرة .
- د - تزيد مقاومة الأسمت مع الزمن بمعدل يتناقص كلما زاد الزمن كما هو موضح بالرسم البياني .

هـ - تقل مقاومة مونة الأسمنت كلما زادت كمية الرمل بها وتلك كمية الأسمنت



ثبات حجم الأسمنت : soundness of cement

يقصد بثبات حجم الأسمنت عدم زيادة حجم الأسمنت بعد تمام عملية
العك نتيجة تمدد بعض المواد الداخلة في تكوين الأسمنت .

أحباب دم ثبات حجم الأُسنت :

أ - لا يتفاطل الجبر الحى الموجود بالأُسنت بسرعة مع الماء وعندما تخترق الرطوبنة
غلاف حمية الجبر الحى يكون الأُسنت قد بدأ يشك وعندما يبدأ اطلاق الجبر
الحى يزداد حجمه فيصعب ثقت وتشريح الغرسانة أو مؤنة الأُسنت ومن هنا
تهدد أهمية إضافة الجبر بالنمبة المناهبة لتأخير زمن شك الأُسنت حتى يتم
اطقاء الجبر الحى قبل أن يتصلد الأُسنت هكنا تقايل دم ثبات الحجم بزيادة
نعموة الأُسنت حيث أن ذلك يساعد الجبر الحى على التفاعل بسرعة مع الساب
لصغر حجم الحبيبات .

ب - وجود نمبة طلبة من الماغسيوم بالأُسنت وخاصة بعد الاحتراق مع الكلنكر تتطلب
مدة أطول من زمن شك الأُسنت حتى يتم اطلاقها فتصعب دم ثبات حجم
الأُسنت ولذلك تتم المواصفات على دم زيادة نمبة الماغسيوم بالأُسنت من ٤ %
ج - وجود الكميات بالأُسنت يتسبب فى تكون كميات الكالسيوم الألويمينوسية
وكذا زادت كميتها تسبب دم ثبات حجم الأُسنت ولذلك تتم المواصفات طمس
الا تزيد نمبة ثالث أكسيد الكبريت بالأُسنت من ٣ % .

أنواع الاسنت البورتلاندى :

أن د راسة المواد الخام ومكونات الأُسنت البورتلاندى وتحديد خواص كل منها
جعلت من الممكن الحصول عن طريق تغيير نسب هذه المكونات على أنواع مختلفة من

الأسمنت البورتلاندى كل منها يتميز بخواص معينة تجعله صالح لاستعمالات معينة كما سيأتى فيما بعد. ويصحب هذه الأنواع تشترك فى خاصية التسلب والفسك الذى يتميز بها الأسمنت .

١ - الأسمنت البورتلاندى سريع التصلد (أسمنت موركوت) :

“High early strength portland cement”

يصنع هذا الأسمنت بحرق المواد الخام الفنية بالجير ثم يطحن لدرجة عالية من النعومة وهو يحتوى على نسبة عالية من ثالث سيليكات الكالسيوم وثالث أكسيد البوتاسيوم مما يعطى الحصول على معظم مقاومة الأسمنت بعد اليوم الأول وعلى كل مقاومة الأسمنت تقريباً فى الثلاثة أيام الأولى. ويزن الفسك لهذا الأسمنت مسائل تقريباً لزن عاء الأسمنت البورتلاندى العادى . وتكاليف هذا النوع من الأسمنت حوالى ٢٠ - ٣٠ ٪ زيادة عن الأسمنت البورتلاندى العادى. ويكون أرخص اقتصادياً فى بعض الأحيان عند الاستعمال لمرءة فك القدرات الخرسانية ومرونة استعمال المنشأ والاستفادة منه اقتصادياً مما يعرض زيادة تكاليف الأسمنت .

ويستعمل فى صناعة الخرسانة الجاهزة حتى يمكن نقلها بعد فترة قصيرة من صبها بعد أن تكون اكتسبت المقاومة المطلوبة التى تمكن من ذلك .

ودرجة حرارة تفاعل هذا الأسمنت مع الماء طليقة يجب العناية بمسرة معالجته
بالماء حتى لا يتسبب اختلاف درجة الحرارة في الأجزاء المختلفة من اجهادات تسد
داخلية في الخرسانة تساعد على حدوث تشققات بها ولا يفضل استعمال هذا الأسمنت
في المنشآت الخرسانية ذات القطاعات الضخمة .

٢ - الأسمنت البورتلاندى ذو حرارة التفاعل المنخفضة :

Low heat portland cement

بمقارنة هذا الأسمنت ، بالأسمنت البورتلاندى العادى ، نجد أنه يحوى -
على نسبة صغيرة من الجير ونسبة طليقة من السليكا كما انه أكثر نموة والحرارة المنبعثة
نتيجة تفاعله مع الماء حوالى ثلث الحرارة المنبعثة من الأسمنت البورتلاندى العادى وهذا
يساعد على تقليل التمدد والانكماش بالخرسانة وهو يحوى على نسبة أقل من ثالث سليكات
الكالسيوم ونسبة أكبر من ثانى سليكات الكالسيوم مما يساعد على بقاء متصلة ويجعله
أكثر صلاحية للاستعمال في المنشآت الخرسانية الكتلية التى تحتاج لوقت كبير لمصلحتها
ما يساعد على جعل انكماشها وتدد ها فى النهاية ككتلة واحدة . وقاوة خمرانته
أضعف فى الأيام الأولى من الصب ولكنها تتماوى بمرور الوقت مع قواوة خمرانته
الأسمنت البورتلاندى .

٣ - الأسمنت البورتلاندى الأبيض : White portland cement

يصنع الأسمنت البورتلاندى الأبيض بنفس طريقة صناعة الأسمنت البورتلاندى العادى بحرق العادى لحجر الجيرى النقى مع الطين الأبيض النقى ولكنه يختلف فيه فمسمى أن نسبة أكاسيد الحديد به لا تزيد عن ٠.٥ ٪ مما يكسبه اللون الأبيض وأكاسيد الحديد هى التى تعطى الأسمنت البورتلاندى العادى اللون الرمادى • صفات الاسمنت البورتلاندى الأبيض هى نفس صفات الاسمنت البورتلاندى العادى والنسب المئوية للمركبات الرئيسية لهذا الأسمنت كالتالى :

٥١ ٪	ثالث سيليكات الكالسيوم
٣٧ ٪	ثانى سيليكات الكالسيوم
١٠.٣ ٪	ثالث الرينيمات الكالسيوم
١.٦ ٪	رابع الرينيمات حديد الكالسيوم

ويستعمل هذا الأسمنت فى صناعة البلاط وأعمال ديكور البانى وفى البناى الخارجى للبناى ولصق الرخام والبلاط التيشانى والأدوات الصحية وفى صناعة كل الواجهسات •

٤ - الأسمنت البورتلاندى الملون : Coloured portland cement

يتكون هذا الأسمنت من الأسمنت البورتلاندى الأبيض الطاف اليه السيمان منامية خاملة لا تتفاعل مع الأسمنت ولا تتأثر بالجير ولا يتغير لونها وتضاف هذه الألوان عند طحن الكلنكر صلب الا تزيد كميتها عن ١٠ ٪ من وزن الأسمنت حتى لا تقلل من

مقاومة الأسمنت وتزيد من انكسافه حيث أن تأثيرها على مقاومته هو نفس تأثير الطسين .

• — الأسمنت البورتلاندى السقاوم لنفاذ الماء :

"Water tight portland cement"

وجد أن اضافة ٢% من سترات الصديهم الى الكلنكر خد طحنه تكسب الأسمنت البورتلاندى مناعة لنفاذ الماء . ويكون ذلك نتيجة تكون سترات الكالسيوم خد اضافة الماء للأسمنت وهو مادة طاردة للماء فتعمل على تحسين مقاومة الخرسانة لنفاذ الماء وقد تقلل اضافة المواد الغير منفذة من مقاومة الخرسانة ولذلك يجب زيادة محتسوى الأسمنت فى الخلطات الخرسانة المستعملة .

— الأسمنت البورتلاندى الحديدى :

"Blast furnace slag portland cement."

يحتمل الطين والحجر الجبرى كاملا ساعد فى صناعة الحديد وطريقة الفرن المالى وهذا ساعد على توافر كميات كبيرة من خث الحديد فى معانع الحديد والصلب يكون تركيبة الكيمائى :

الصلبكا من ٢٠ — ٤٠ %

الالوسينا من ٨ — ١٨ %

أكسيد الكالسيوم من ٤٠ — ٥٠ %

وهو يقبضه الى حد ما ناتج تكتل الحجر الجيري والطين . وتحدد المواصفات البريطانية نسبة جلخ الحديد الداخلى فى صناعة الاسمنت البورتلاندى الحديدى بحوالى ٦٥% أما المواصفات الأمريكية فتحدده بنسب تتراوح بين ٢٥ - ٦٥% وفى مصر يصنع الاسمنت البورتلاندى الحديدى بإضافة جلخ الحديد الى الكلنكر بنسبة ٣٥% من المخلوط مع إضافة ٤% جبس للتحكم فى زمن التكتل واعتماالاته هى نفس استعمالات الاسمنت البورتلاندى العادى .

مزايا الاسمنت البورتلاندى الحديدى :

- أ - أرخص من الاسمنت البورتلاندى العادى .
- ب - أكثر مقاومة لآلء البحر والكبريتات لاحتوائه على نسبة أقل من أكسيد الكالسيوم ونسبة أعلى من السليكا والالومينا .
- ج - درجة الحرارة المنخفضة منه قد تقاوم مع الماء أقل منها فى حالة الاسمنت البورتلاندى العادى مما يجعله أكثر صلاحية للاستعمال فى المنشآت الخرسانية ذات التكل الكبير .

"High alumina cement"

٢ - الاسمنت طلى الالومينا :

يصنع هذا الاسمنت بصهر المواد الجيرية والمواد الالومينية (الجير والبوكسيت) حتى السائلة ثم تبريد الناتج وطحنه ناعما بدون إضافات مواد أخرى يحد صهر المواد الخام سوى الماء . ونسبة الالومينا فى هذا

الأسمنت طلبة يتراوح ثمنها بين ٣٥ - ٤٤ ٪ مما يعاد على سرعة تصلب الأسمنت وحصوله على مقاومته القصوى من ٢٤ ساعة بينما يحتاج الأسمنت الهورتلاندى العادى الى ٢٨ يوما للحصول على معظم مقاومته القصوى نتيجة تكون اليمينات الكالسيوم الأحادية والتي يصحبها ارتفاع كبير وسريع فى درجة الحرارة وإذا خلط هذا الأسمنت مع الأسمنت الهورتلاندى العادى ينتج منهما أسمنت يشك فى لحظات •

مزايا الأسمنت طالى الالومينا :

- أ - الحصول على قوة تحمل مناسبة بعد ٢٤ ساعة •
- ب - يقاوم تأثير الكبريتات والأحماض المخففة و الماء الحرا أكثر من أى نوع من أنواع الأسمنت الهورتلاندى •

عيوب الأسمنت طالى الالومينا :

- أ - يفقد جزء من مقاومته عند ارتفاع درجة الحرارة الى أكثر من ٣٠ °م ولذلك لا يعمل فى البلاد والناطق الحارة •
- ب - تكاليف هذا الأسمنت تصل الى ثلاثة أمثال الأسمنت الهورتلاندى العساده •
- ج - يجب عدم استخدام الأسمنت طالى الالومينا فى المنشآت الخرسانية ذات الكتل الضخمة نتيجة الحرارة الكبيرة المنبعثة عند التفاعل مع الماء حيث أن الانكماش والتمدد سيكون كبيرا فيسبب تشققات بالخرسانة •

٨ - الأسمنت المخلوط (الأسمنت كرنسك) :

يتكون الأسمنت الكرنك بخلط كلنكر الأسمنت البورتلاندى المادى مسيح
٢٥% رمل سيليسى ثم الطحن لدرجة نعومة كبيرة وهذا الأسمنت رخىء الثمن وتيسر
الابحاث أن الأسمنت الكرنك تقل مقاومته فى الضغط عن الأسمنت البورتلاندى المادى
بحوالى ٣٠ - ٣٥ % .

٩ - الأسمنت البورتلاندى المقاوم لماء البحار :

" Sea water cement "

وهى بالأسمنت المقاوم للكبريتات والماء المالحة ومنه بخلط الحجر
الجرىء بالياف مع الطين مع إضافة بيوت الحديد أو معدن من معادن الحديد لمطس
نسبة طلبة من رابع الهيدرات حديد الكالسيوم وتعمل فى المنشآت الخرسانية المعرضة
لمياه البحار وأصفة الموانئ ونحوها جز الأنواع . وفى الأماسات المعرضة لمياه تحسوى
على نسبة طلبة من الكبريتات .

اختبارات الأسمنت

(م ١٠ ق ٢٧٢ / ١٩٦٢)

(١) اختبار التمدد

Determination of finnes
of cement.

الدراسة من الاختبار :

تحديد نمو الأسمنت إما عن طريق تحديد مقاس حيوانه أو بمقاس مساحة
السطح ومن نتائج هذا الاختبار يمكن تحديد بعض خواص الأسمنت الأخرى حيث
أن نمو الأسمنت يساعد على سرعة تفاعل الماء مع الأسمنت لكبر مساحة سطح
الحيات وانتشار الماء على هذه المساحة الممتدة وهذا يساعد الأسمنت على الحصول
على قوة مبكرة وبالتالي تكون مقاومة ضغط الخرسانة عالية ، كما أن زيادة نمو الأسمنت
تهدد من قابلية الخرسانة للتشغيل وتحسن تماسك الخلطة الخرسانية .

أخذ العينات :

تؤخذ العينة من أماكن متفرقة بالمهكارة أو من هذه الهكارات أن أمكن حتى
تمثل حالة الأسمنت المختبر تمثيلاً حقيقياً على أن تؤخذ هذه العينات بواسطة الشفرة
أو شدة في خلال أسبوع من تاريخ توريد الأسمنت على أن تحفظ هذه العينات نفسى

وصاه محكم جاف نظيف ثم تجرى عليها الاختبارات في خلال أربعة أسابيع من التوسيد .

تجهيز عينة الاختبار :

تجهيز عينة الاختبار بخلط اثنتى عشر عينة فرعية متساوية تقريبا مأخوذة من موانع مختلفة موزعة بانتظام في رسالة الأسنت هراى في حالة الأسنت الموجود بالصواع أن تؤخذ العينات الفرعية أثناء الملء أو التفريغ أما في حالة الأسنت المملأ بالفكاسير فتؤخذ العينات الفرعية من ست شكاير وإذا قل عدد الشكاير من ست فتؤخذ عينة فرعية من كل شكايرة وخلط مع بعضها لتكون عينة الاختبار . هراى أن يكون وزن عينة الاختبار ١٠ كجم على الأقل وذلك لكل رسالة أسنت تزن ٢٥٠ طنا أو أقل أسنتا إذا زادت الرسالة من ٢٥٠ طنا فتقسم الى وحدات زنة الواحدة منها ٢٥٠ طنسا تقريبا يؤخذ من كل عينة اختبار مستقلة .

يمكن اجراء اختبار النجمة للأسنت باحدى الطريقتين الآتيتين :

١ - طريقة النخل :

الأجهزة المستعملة :

ميزان حساس - النخل القياس رقم ١٧٠ .

خطوات الاختبار :

- ١ - توزن عينة من الأسمنت المراد اختبارها وليكن وزنها $W = 100$ جرام .
- ٢ - تنخل العينة على النخل رقم ١٧٠ لمدة ١٥ دقيقة إذا كان النخل يدويا
ولمدة ٥ دقائق إذا كان النخل ميكانيكيا مع مراعاة تغطية النخل بغطاء
محكم حتى لا يتسرب أى جزء من الأسمنت أثناء عملية النخل .
- ٣ - يوزن المتبقى على النخل وليكن W_1

تحليل نتائج الاختبار :

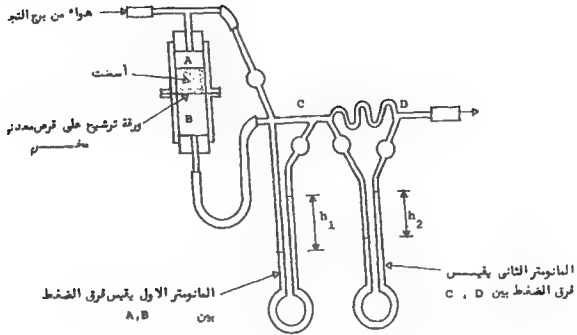
$$\text{نموة الأسمنت} = \frac{W_1}{W} \times 100$$

وتنص المواصفات المصرية القياسية رقم ٣٧٣ / ١٩٦٣ على ألا تزيد نسبة المحجوز
من الأسمنت على النخل القياسى رقم ١٧٠ عن ١٠ ٪ بالوزن للأسمنت البورتلاندى
العادى وعن ٥ ٪ بالوزن للأسمنت البورتلاندى صرح التصلسد .

ب - طريقة بلون لتحديد الماخة المصححة للأسمنت :

الأجهزة المستخدمة :

- ١ - يستعمل جهاز بلون كما بالشكل المبين وهو يتكون من الآتى :
١ - اسطوانة بها قرص حدى مزود بثقوب ذات فتحات معينة يشته عليه ورقمفة



جهاز بلون لشعيرتين المساحة السطحية للاسطوانات

ترشرح لهوض عليها الأُسنت .

٢ - جزء خام يدفع هواً من برج التجفيف لير خلال الفراغات بين حبيبات الأُسنت

٣ - ما نوتر لقياس فرق الضغط بين A و B و ما نوتر لقياس فرق الضغط بين C و D

خطوات الاختبار :

١ - يثبت ورقة ترشح فوق القرص المعدني المثقوب ثم يوضع طبقة من الأُسنت تسبق ورقة الترشح .

٢ - يدفع هواً من برج التجفيف لير خلال طبقة الأُسنت والتي لها درجة مسامية معينة تتوقف على مقياس حبيبات الأُسنت .

٣ - يقاس مدى اختراق الهواء خلال طبقات الأُسنت من طريق قياس فرق الضغط h_1 بين A و B بواسطة المانومتر الأول فرق الضغط h_2 بين C و D بواسطة المانومتر الثاني .

تحليل النتائج :

ت حسب المساحة السطحية للأُسنت من المعادلة الاتيصة :

$$C = \frac{h_1}{h_2} = \text{المساحة السطحية للأُسنت}$$

حيث 0 = عدد ثابت للجهاز

وتنص المواصفات القياسية المصرية ١٩٦٣/٣٧٣ على ألا تقل السماحية للسطح للأسمنت البورتلاندى العادى من ٢٢٥٠ سم ٢ / جم وللأسمنت سريع التصلد من ٣٢٥٠ سم ٢ / جم وتتراوح السماحية للسطح للأسمنت البورتلاندى الصنع حاليا بين ٢٤٠٠ - ٢٨٠٠ سم ٢ / جم وللأسمنت سريع التصلد بين ٣٥٠٠ - ٤٢٠٠ سم ٢ / جم .

المنافسة : Discussion =====

- ١ - ما هو تعريف نمونة الأسمنت ؟
- ٢ - ما هى أهمية خاصة النمونة للأسمنت ؟ وهل تؤثر نمونة الأسمنت على خواصه الطبيعية والميكانيكية الأخرى ؟ بين لماذا ؟
- ٣ - ما هى العوامل التى يتوقف عليها مدى نمونة الأسمنت ؟
- ٤ - هل تؤثر زيادة نمونة طحن الأسمنت على قوة الخرسانة ؟ ولماذا ؟
- ٥ - أشرح كيفية إجراء اختبار نمونة الأسمنت باستخدام المنخل القياسى رقم ١٧٠ ؟
- ٦ - هل يعتبر تعيين نمونة الأسمنت بطريقة النخل دالة صحيحة تماما على مدى النمونة ؟ ولماذا أجريت طريقة تعيين نمونة الأسمنت بتحديد السماحية السطحية النوعية لـ أنها تعبر تمهيرا صحيحا عن النمونة ولذلك نصت عليها المواصفات القياسية فى اختبار النعومة لقبول الأسمنت .
- ٧ - أشرح كيفية تعيين نمونة الأسمنت بطريقة بلون لنفاذية الهواء بتحديد

المساحة المغطاة النوعية للأمنت • ارسم تخطيطها الجهاز المستخدم في هذه الطريقة •

٨ - أذكر النتائج العملية لنموة الأمنت المختبر بطهقة النخسل •

٩ - هل تختلف نموة الأمنت الهوتلاندى المادى من نموة الأمنت الهوتلاندى
سبح التصلب ٢٠

١٠ - ما هى حدود النموة التى تحدد ها المواصفات القياسية للأمنت الهوتلاندى
المادى والأمنت الهوتلاندى سبح التصلب والأمنت الحديدى والأمنت
ذو الحرارة المنخفضة والأمنت الألومينى ٢٠

١١ - اشرح كيف تحضر العينة اللازمة لاختبار الأمنت الهوتلاندى المادى طبقاً
لاشتراطات المواصفات القياسية ؟

١٢ - ما هى الاحتياطات الواجب مراعاتها عند ارسال عنة اختبار الأمنت من مكان
العمل الى معمل الاختبار ٢٠ ؟

١٣ - ما هى أقصى مدة بعد تحضير عنة الاختبار يسمح خلالها فقط باختيار الأمنت
ولماذا ؟

١٤ - هل لطهقة تخزين الأمنت تأثير على كفاءة تحضير عنة الاختبار من الكهينة
المختزنة ؟ اشرح لماذا ؟

» »

»

(٢) اختبار الوزن النوعى للأسمنت

Determination of specific weight of cement.

الفرض من الاختبار :

تمييز الوزن النوعى للأسمنت وهو يستعمل فى تصميم الخلطات الخرسانية

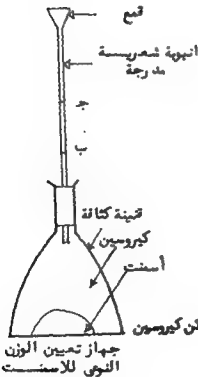
وقيته ثابتة تقريباً للأسمنت البورتلندى العادى وتصل الى ٣.١٥ .

الأجهزة المستعملة :

- ١ - قنينة الكثافة البهنية بالهكل .
- ٢ - كيروسين أو زيت أو أى سائل لا يتفاعل مع الأسمنت .
- ٣ - ميزان .

خطوات الاختبار :

- ١ - يوزن عينة من الأسمنت وليكن وزنها ١ .
- ٢ - تملأ قنينة الكثافة بمسائل لا يتفاعل مع الأسمنت وليكن كيروسين أو زيت حتى حجم معين وليكن ب .



٣ - يوضع الأسمنت داخل قهنة الكثانة مع الطرق خفيفا لطرد فقاعات الهواء فيرتفع

الكرومين في الانهجة الشمعية •

٤ - يقرأ الحجم على الانهجة الشمعية وليكن ج •

تحليل النتائج :

$$\frac{1}{\text{ج} - \text{ب}} = \text{الوزن النوعي للأسمنت}$$

المناقشة : Discussion

١ - ما هي أهمية تعيين الوزن النوعي للأسمنت ؟

٢ - أشرح الطريقة التي أجريت معها لتعيين الوزن النوعي للأسمنت •

ولماذا استخدم البنزين بدلا من الماء عند تعيين حجم الأسمنت المختبر ؟

٣ - ما هي العوامل التي تؤثر في قيمة الوزن النوعي للأسمنت ؟

٤ - أذكر قيمة الوزن النوعي للأسمنت المختبر •

٥ - هل تختلف قيمة الوزن النوعي للأسمنت باختلاف نوعه ؟ ولماذا •

٦ - هل يصلح تحديد قيمة الوزن النوعي للأسمنت كأساس لقبول أو رفض الاسمنت ؟

ولماذا لم تكن مواصفات الاسمنت القياسية على ضرورة تعيين الوزن النوعي

للأسمنت ؟

(٣) اختبار تعيين كمية الماء اللازمة لتشكيل عجينة الأسمنت القياسية

Determination of consistence of standard
Cement paste.

المقصود من الاختبار :

تعيين كمية الماء اللازمة لتشكيل عجينة ذات قوام تماسي لاستعمالها

في تحضير هئات اختبار زمن الشك واختبارات الحجم للأسمنت .

كمية الماء القياسية :

هي كمية الماء اللازمة لتشكيل عجينة تماسية من الأسمنت تسمح لطرف اسطوانة

جهاز فيكات (القطر ١٠ م) بالنفاذ خلالها الى نقطة تبعد عن قاع قالب الجهاز

مسافة ٥ - ٧ م عند اختبار عجينة الأسمنت .

الأجهزة المستعملة :

١ - جهاز فيكات المبين بالرسم

٢ - ميزان

٣ - مخار مدج لتحديد كمية الماء الطائفة .

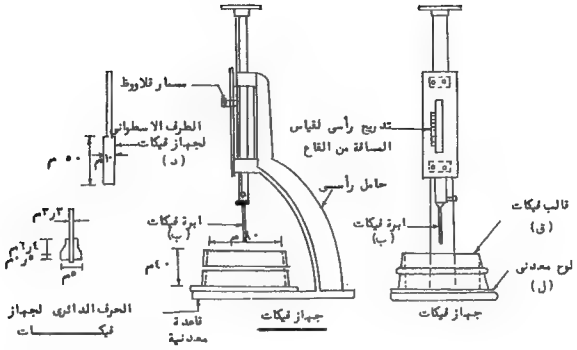
٤ - لوح غير مسامي من المعدن أو الرخام .

جهاز فيكات :

هو عبارة عن حامل مثبت على قاعدة والحمل مجهزة بمجرى رأسية يتحرك بداخلها اسطوانة يمكن تثبتها عند أى ارتفاع بواسطة مسار قلاويط وثبت بالمجرى الرأسية مقياس مدرج عليه علامة تشير الى صفر التدفق عندما يكون طرف اسطوانة جهاز فيكات عند قاع قالب الجهاز الموضوع على قاعدة الجهاز وقالب جهاز فيكات من المعدن وهو عبارة عن مخروط ناقص ارتفاعه ٤٠ سم وقطره العلوى الداخلى ٨٠ سم ويمكن تثبيت ابرة معدنية ذراعها مبرع طول ضلعه ١ م بنهاية الطرف الاسطوانى لجهاز فيكات وتتمثل عند اجراء اختبار زمن الفك الابتدائى للأسمنت مثبت بنهاية الابرة حرف د اترى كما بالفكل لاجراء اختبار زمن الفك النهائى للأسمنت .

خطوات الاختبار :

- ١ - تحضر كمية من الأسمنت وزنها ٤٠٠ جرام يضاف اليها كمية مناسبة من الماء (تقدر كنسبة مئوية من وزن كمية الأسمنت الجاف) وتجرى عملية الخلط جيدا لتجهيز عجينة الأسمنت بحيث تكون مدة الخلط ٤ (٠ +) دقيقة (١ - نقطة) ودة الخلط هي الزمن المصور بين بدء اضافة الماء الى الأسمنت الجاف - حتى بدأ ملء قالب جهاز فيكات بعجينة الأسمنت .
- ٢ - يملأ قالب جهاز فيكات (ق) المرتكز على لوح مستوى غير مماس ملئاً تاماً ودفعة واحدة بعجينة الأسمنت السابق تحضيرها ثم يحوى سطح العجينة



مع حافة القلب بحمرة - هراى هد مله القالب ألا تستعمل فى ذلك سوى مسند
القائم بالاختبار صلاح مسطرين الخط القياسى زنة ٢١٠ جم تقريباً .

٣ - توضع مجهزة الاختبار الموجودة داخل قالب فيكات والمركب على اللوح المحتوى
غور المساسى (ل) تحت الضغط الحامل للطرف الاسطوانى لجهاز فيكات
ثم يدلى الطرف الاسطوانى (د) بهبطه حتى يمس سطح المجهزة ثم
يترك بعد ذلك حراً تحت تأثير وزنة لتنفذ فى المجهزة . هراى أن تتم
هذه العملية بعد مله قالب فيكات بماء صاف .

٤ - يحدد مقدار نفاذ الطرف الاسطوانى على مجهزة الأسمنت بتعيين المسافة بينه
وبين قاع قالب فيكات بواسطة التدريج الموجود بالجهاز (وذلك بأخذ
القراءة على التدريج والموجودة أمام العلامة الأفقية على اسطوانة جهاز فيكات
فتدل على ارتفاع الطرف الاسطوانى لجهاز فيكات من قاع القالب)

٥ - يحدد عمل عجائن تجريبية بكميات مختلفة من الماء للوصول الى كمية الماء التى
تغطى مجهزة الأسمنت ذات القوام المتناسى السابق ذكرها وتقدر هذه الكمية
على هيئة نسبة مئوية من وزن الأسمنت الجاف هراى هد اجراء هذا الاختبار
أن تكون أجهزة الخلط نظيفة وأن تكون درجة حرارة الأسمنت والماء وحسوة
الغرفة فى حدود ١٨ - ٢٤ درجة مئوية .

يمكن استعمال النتائج التى تم الحصول

عليها من العجائن المختلفة لرسم منحنى يمثل



العلاقة بين النسبة المئوية للماء الخفاف وسم
طرف اسطوانة جهاز فيكات من قاع القالب
يحدد من هذا المنحنى كمية الماء المستوى
تغطي مجهزة قياسية من الأسمنت كما بالمثل .

المناقشة : Discussion

- ١ - ما هي كمية الماء اللازمة لتشكيل مجهزة الأسمنت القياسية ؟
- ٢ - ما هي أهمية تعيين كمية الماء اللازمة لتشكيل مجهزة الأسمنت القياسية ؟
- ٣ - اشرح كيفية إجراء هذا الاختبار واذكر النتائج المعملية التي حصلت عليها .
- ٤ - ارسم المنحنى النهائي للنسبة المئوية للماء المستخدم في التجارب وبقدر
هبوط الطرف الاسطوانى لجهاز فيكات في مجهزة الأسمنت وعين من هذا
المنحنى النسبة المئوية للماء اللازمة لتشكيل مجهزة الأسمنت القياسية .
- ٥ - ارسم تخطيطها لجهاز فيكات المستخدم في إجراء هذا الاختبار وبيان اجزائه
المختلفة .
- ٦ - ما هي العوامل التي تؤثر في تغيير كمية الماء اللازمة لتشكيل مجهزة
الاسمنت القياسية ؟
- ٧ - ما هي الاحتياطات الواجب مراعاتها عند إجراء هذا الاختبار ؟

* * *

*

(٤) اختبار تعيين زمن الفك الابتدائي وزمن الفك النهائي

للاحمست

Determination of initial and final
setting time of cement.

المفروض من الاختبار :

تعيين زمن الفك الابتدائي وزمن الفك النهائي للأسمت وقد نصت المواصفات المصرية القياسية ١٩٤٣/٢٧٢ على ألا يقل زمن الفك الابتدائي عن ١٥ دقيقة ولا يزيد زمن الفك النهائي عن ١٥ ساعات . وذلك للأسمت البورتلاندى العادى والأسمت البورتلاندى سريع التصلد والأسمت الحديدى وذلك حتى يكون هناك فرصة كافية لتشغيل وخلط الخرسانة ونقلها الى مكان الصب قبل أن تفقد لدونها وحتمسى لا تتأخر الخرسانة فى الوصول الى القوة والمقاومة المناسبة فى الوقت المطلوب مما يؤخر إزالة القم والارتفاع المنشأ .

زمن الفك الابتدائى : Initial setting time

هو الزمن الذى يضى من لحظة اضافة الماء للأسمت الجاف ونسبة ماء المعينة القياسية والمحدد من الاختبار السابق (ا) الى اللحظة التى تستطيع ابرة جهاز فيكات (ف) أن تنفذ فى عينة الأسمت مسافة لا تزيد على ٥ سم من قاع قالب فيكات .

Final setting time زمن الشك النهائي :

هو الزمن الذي يضي من لحظة إضافة الماء للأسمنت الجاف (بنمينة ماء العجينة القياسية) الى اللحظة التي تستطیع ابرة جهاز فيكات (ب) أن تخفق عجينة الأسمنت بمعاينة أقل من ٥-٦ سم (أى تستطیع ابرة جهاز فيكات أن تترك اثرا لها ولا يظهر أى أثر لحرف الجزء الاسطوانى ج المثبت حولها) .

الأجهزة المستعملة :

- ١ - ساعة إيقاف .
- ٢ - يستعمل جهاز فيكات السابق مبرص مع استبدال الطرف الاسطوانى بأبيرة فيكات لتحديد زمن الشك الابتدائى واستعمال ابرة فيكات المثبت بنهايتها الجزء الدائرى لتحديد زمن الشك النهائى .

خطوات الاختبار :

- ١ - تحضر كمية من الأسمنت وزنها ٤٠٠ جرام ثم تضاف إليها كمية الماء اللازمة لجعلها عجينة ذات قوام نهاسى وهى الكمية التى تحصل عليها من الاختبار رقم (٣) الذى يجب أن يجرى قبل هذا الاختبار مباشرة تحت نفس ظروف درجة الحرارة والرطوبة هيرامى أن تجرى عملية الخلط جيدا بحيث تكون مدة الخلط هى ٤ (+ $\frac{1}{2}$ دقيقة) ومدة الخلط هى الفترة السق

تربيع يد * اضافة الماء الى الاسمنت الجاف حتى يد * مل * قالب جهاز فيكات بالمعجنة
الاسمنتية *

٢ - يملأ قالب فيكات المرتكز على لوح مستوي غير مماس لمطا تشام ودفعة واحدة
بمعجنة الاسمنت السابق تحضيرها ثم يسوى سطح المعجنة مع حافة القالب
بمصرعة * يراعى هند مل * القالب ألا تشمل في ذلك سوى يد الشخص
القائم بالاختبار وملاح مسطح الخلل العادي زنة ٢١٠ جم تقريباً *

٣ - توضع عجينة الاهتبار الموجودة داخل قالب فيكات (ق) والمرتكز طمس
اللوح المستوي غير المماس (ل) تحت ابرة جهاز فيكات (ب) ثم تدلس
الابرة ببطء حتى تمس سطح المعجنة بالقالب وتترك الابرة حرة لتنفذ في
المعجنة تحت تأثير الوزن الكلي للقصب والابرة معا (٣٠٠ جم) *
(وتؤخذ قراءة التدريج امام العلامة على الاسطوانة فتدل على بعد طرف
الابرة عن القساع) *

٤ - تترك المعجنة فترة ثم يحرك القالب قليلا حتى لا تهبط الابرة في النقطة الواحدة
أكثر من مرة وتكرر عملية نفاذ الابرة بالمعجنة في مواضع مختلفة الى أن تنفذ
الابرة الى سافة لا تزيد عن * م تقريبا من قاع قالب فيكات (ق) *
فيكون زمن الشك الابتدائي هو الفترة التي تربيع لحظة اضافة الماء الى
الاسمنت الجاف ولحظة نفاذ ابرة جهاز فيكات في عجينة الاسمنت لسانة
لاتزيد عن * م تقريبا من قاع قالب فيكات *

٥ - تستبدل الابهرة (ب) بابهرة مزودة بالطرف الآخر (ج) ثم يدلى القنصب ببسطه حتى يمس الطرف (ج) سطح المعجنة ويترك حراً ليهبط في المعجنة تحت تأثير الوزن الكلى للقنصب والابهرة معا فيظهر أثره افرى بمركزه أنسر الابهرة الموسع .

٦ - تكرر عملية نفاذ الجزء (ج) في مواضع مختلفة من سطح المعجنة السبسي أن تترك الابهرة اثرا بالمعجنة بينما لا يظهر الاثر الدائري للجزء المثبت حول الابهرة يجب مراعاة عدم هبوط الطرف (ج) في مكان واحد أكثر من مسورة يكون زمن الشك النهائي هو الفترة التي تسري من لحظة إضافة الماء السبي الاسمنت الجاف واللحظة التي تترك ابهرة جهاز فيكات اثرا بمعجنة الاسمنت بينما لا يظهر الاثر الدائري للجزء المثبت حول الابهرة .

الناقصة : ١ Discussion

- ١ - ما هو المقصود بنوع الشك الابتدائي وزمن الشك النهائي للأسمنت ؟
- ٢ - ما هي أهمية تعيين كلا من زمن الشك الابتدائي للأسمنت ؟
- ٣ - اشرح كيفية اجراء اختبار زمن الشك للأسمنت وأذكر النتائج العملية التي حصلت عليها للأسمنت المختبر .
- ٤ - ارسم تخطيطها جهاز فيكات المستخدم في اجراء الاختبار هو ان اجزائه ومقاييسها .
- ٥ - ما هي العوامل التي تؤثر في قيمة زمن الشك للأسمنت ؟
- ٦ - لماذا يعتبر الأسمنت سريع الشك أو الأسمنت بطيء الشك غير مرغوب فيه ولا يصلح

للأعمال الانشائية

- ٧ - ما هو الفرق بين شك الأُمنت وبين تصد الأُمنت ؟
- ٨ - أذكر حدود زمن الشك للأُمنت البورتلاندى العادى التى حددتها المواصفات القياسية ؟
- ٩ - كيف يمكن التحكم فى زمن شك الأُمنت أثناء صنائه ؟ اشرح ذلك .
- ١٠ - هل يختلف زمن الشك باختلاف نوع الأُمنت ؟ قارن بين زمن الشك الابتدائى والنهائى للأُمنت الحديدى والأُمنت البورتلاندى العادى والأُمنت سريع التصلد والأُمنت الالومينى والأُمنت الأيضى والأُمنت ذو الحرارة المنخفضة .

(٥) اختبار مقاومة الضغط للأسمنت

Determination of compressive
strength of cement .

الفرض من الاختبار :

اختبار مقاومة الأسمنت في الضغط ويكون ذلك بعمل ٦ قوالب مكعبة مسنونة الرول والأسمنت بنسبة ٣ : ١ مع إضافة ماء حوالي ١٠% من وزن الريسل والأسمنت والمدمكة بمكنة الاهتزازات القياسية ثم اختبار ٣ مكعبات بعد ٣ أيام ، ٣ مكعبات بعد ٧ أيام لتحديد مقاومة الضغط بعد ٣ أيام ، ٧ أيام .

خطوات الاختبار :

١ - يخلط كمية من الرول مع كمية من الأسمنت بنسبة ٣ : ١ بالوزن مع إضافة ماء حوالي ١٠% من وزن الرول والأسمنت لعمل ٦ مكعبات من مونة الريسل والأسمنت بحيث يكون طول ضلع المكعب ٧,٦ سم .

٢ - (مساحة وجه المكعب = ٥٠ سم^٢) وشرط في الرول المستخدم $\frac{1}{16}$ أن يمر جميعه من منخل ٨٠ سم ولا يزيد البارد منه من المنخل القياسي ٦ ر. م على ١٠% بالوزن وأن يكون نظيف وجاف ولا تقل فيه نسبة المايكا عن ٩٠% وتحضر الكميات كل على حدة والكميات اللازمة لمسجل

مكبب واحد كالآتى :

وزن الأسمنت = ١٨٥ جم

وزن الرمل = ٥٥٥ جم

حجم الماء = ٧٤ جم

٢ - تحتعمل قوالب معدنية مجهزة ذات جدران سمكية تساعد على تشكيل
مكعبات منتظمة الشكل بحيث يسمح بالضغط عليها وألا تسمح بتمسب ماء
الأسمنت منها أثناء الصب ويتم ذلك بتغطية وصلات قالب الاختبار وأحرف
اتصال الجوانب بالقاعدة بلبقة من جيلاتينية البترول كما تدفن القوالب
من الداخل بلبقة رقيقة من الزيت لتسهيل فك القوالب .

٣ - يخلط جيدا الأسمنت مع الرمل اللازم لعمل مكعب واحد لمدة دقيقتين
على لوح غير سامى بالسطرين ثم يضاف الماء وتخلط البزجة جيدا بالسطرين
لمدة ٤ دقائق (درجة حرارة الغرفة ١٨ - ٢٤ °م) يجب أن تكون
أجهزة الخلط نظيفة .

٤ - يوضع القالب فوق هزاز ميكانيكى مثبت تثبيتا جيدا وحكما ثم يهله بموتة
الأسمنت ثم يهز القالب بواسطة الهزاز الميكانيكى لمدة دقيقتين .
(سرعة مكسة الاهتزاز ١٢٠٠٠ + ٤٠٠ هز / الدقيقة)

٥ - يرفع القالب من مكسة الاهتزاز ويوضع فى جود درجة حرارته لا تقل عن
٢٠ °م ورطوبته النسبية ٩٠ ٪ على الأقل لمدة ٢٤ ساعة .

- ٦ - تحضر القوالب الستة بنفس الطريقة السابقة ثم ترفع الكميات من القوالب حسب
بعد ٢٤ ساعة ثم تغمر في الماء حتى يحوي مواد الاختبار ويراعى
أن يكون ماء المعالجة نظيفاً وظازجاً ويحدد كل ٧ أيام .
- ٧ - يختبر ٣ كميات في مائدة اختبار الضغط بعد ٣ أيام + ٣ كميات بعد
٧ أيام لتحديد مقاومة الضغط بعد ٣ أيام + ٧ أيام على أن تحسب المدة
من نهاية هز القوالب .
- ٨ - يوضع المكعب على أحد جوانبه بين فكي مكينة الاختبار على ألا يستعمل
السطح غير الملامس لوجه القالب كما لا يوضع أى شيء بين سطحي مكينة
الاختبار خلال ألواح من الصلب الصلب .
- يجب أن يرتكز أحد سطحي مكينة الاختبار على مركز كروي لضبط عملية
التحويل تلقائياً ويكون معدل التحويل ٣٥٠ كجم / سم ٢ في الدقيقة .

النتائج :

$$\begin{aligned} & \text{اجهاد الضغط} \\ & \text{حل التهديم (متوسط ٣ كميات)} \\ & \text{كجم / سم}^2 \end{aligned} \quad \frac{\text{المساحة المعرضة لهذا الحمل (٥٠ سم}^2 \text{)}}{\text{كجم / سم}^2}$$

المناقشة : Discussion

- ١ - ما هي أهمية اجراء اختبار الضغط لمونة الأسمنت ؟
- ٢ - لماذا تستخدم في هذا الاختبار مونة الأسمنت والبولي إيثيلين ؟

الأسمنت الخالص ؟

- ٣ - لماذا يستخدم رمل قياسي في هذا الاختبار ؟ وما هي مواصفات هذا الرمل
- ٤ - ما هي كمية الماء القياسية اللازمة لعمل مونة الأسمنت والرمل ؟
- ٥ - اشرح كيفية تحضير كميات مونة الأسمنت والرمل لاجراء اختبار الضغط عليها ولماذا يجرى كسها بالاهتزاز الميكانيكى لمدة محددة قياسية (دقيقتان) ولماذا يصور معالجة تلك الكميات بوضعها في حجرة ذات حرارة ورطوبة معينة قياسية لمدة ٢٤ ساعة ثم غمرها في الماء لغاية يوم الاختبار ؟
- ٦ - اشرح كيفية اجراء اختبار الضغط على كميات مونة الأسمنت والرمل وما هي الاخطاات الواجب مراقبتها أثناء الاختبار ؟
- ٧ - أذكر نتائج الاختبارات المعملية التي حصلت عليها لاختبارى ٣ أيام و ٧ أيام للضغط حين لماذا يجرى اختبار الضغط على فترتين المرة الأولى بعد ٣ أيام من تاريخ صب الكميات والمرة الثانية بعد ٧ أيام من هذا التاريخ ؟
- ٨ - أرسم تخطيطها الأجهزة والمكونات المستخدمة لاجراء هذا الاختبار .
- ٩ - ما هي الاشتراطات الواجب توافرها في نتائج اختبارات الضغط حتى يعتبر الأسمنت المختبر مقبولا ؟
- ١٠ - ما هي حدود قوة تحمل مونة الأسمنت البورتلاندى المادى للضغط بعد ٣ أيام و ٧ أيام التى تدن عليها المواصفات القياسية ؟ وما هي هذه الحدود لكل

من الأسمنت البورتلاندى صرح التسليد والأسمنت الألومني والأسمنت الأبيض والأسمنت
الحديدى والأسمنت ذو الحرارة المنخفضة ؟

١١ - ما هى العوامل التى تؤثر فى قيمة قوة تحمل مونة الأسمنت للضغط ؟

١٢ - ما هو عدد مكعبات اختبار مونة الأسمنت فى كل من اختبار ٣ أيام و ٧ أيام
ولماذا ؟

١٣ - ارسم تخطيطيا شكل مكعب اختبار مونة الأسمنت بعد انهياره نتيجة حمل
الضغط • بين لماذا يصير الانهيار بهذا الشكل ؟



(٦) اختبار مقاومة الشد للأمنت سريع التصلد بحد يحد واحد

Determination of tensile strength

of Rapid hardening cement.

الفرض من الاختبار :

هذا الاختبار اختياري ولا تنص عليه المواصفات نظرا لأن قوة التحلل فسي

الشد للأمنت حوالي $\frac{1}{10} - \frac{1}{15}$ من مقاومة الضغط والفرض منه تعيين نسبة

الشد للأمنت سريع التصلد بحد يحد واحد من اختبار طهيات من مؤنة الأمنت .

الأجهزة المستخدمة :

١ - قوالب الاختبار :

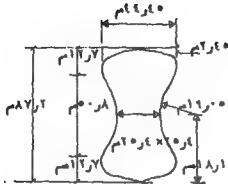
يكون القالب من معدن لا يتأثر بالأمنت وأسطحه مصقولة وأجزاء ملتصقة

تماما ضد تجمدها يكون شكله وقاماته بحيث تغطي طهية مؤنة الأمنت البهينة

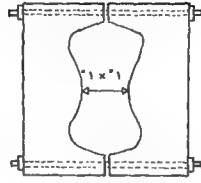
أبعادها بالشكل رقم (٢) وزود قالب الاختبار بقاعدة من لوح معدني مستوي

السطح ومقوّل تماما مع موادة أن تكون أبعادها بحيث تسمح بإدخال قالب الاختبار

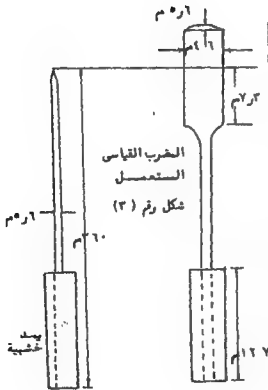
عليه دون حدوث أي تسرب أثناء عملية سكب القالب .



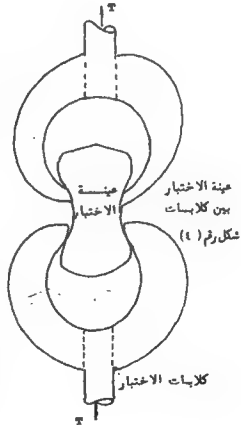
مold القالب ٢٥٤
أبعاد هيئة الاختبار
(شكل رقم ٢)



قالب الاختبار
شكل رقم (١)



المضرب القياسي
شكل رقم (٣)



هيئة الاختبار
كلاسات الاختبار
شكل رقم (٤)

ب - مضروب تقاسى من الصلب بعد خشفة تكون مقاساته كالمقاسات المبنية بالفكسل
رقم (٣) بحيث لا يزيد وزنه الكلى على ٢٤٠ جم .

خطوات الاختبار :

- ١ - تحضر الكمية اللازمة لعمل ست طهيات من مونة الأسمت بنسبة جزء واحد
بالوزن من الأسمت الى ثلاثة اجزاء بالوزن من الرمل التقاسى المبني
بالاختبار رقم (٥) .
- ٢ - يمد قالب الاختبار بوسط جزئية وضعه متركزا على القاعدة وخطية أوجهه
الداخلية والقاعدة بطبقة رقيقة من الزيت الخفيف .
- ٣ - يخلط الأسمت مع الرمل الجاف بالمسطهن على سطح مستو غير مائل لاسددة
دقيقة واحدة ثم يضاف الماء بنسبة ٨ % من مجموع وزنى الأسمت والرمل الجاف
ويخلط المونة خلطا جيدا لمدة أربع دقائق هراعى أن تكون أجهزة الخلط
نظيفة وأن تكون درجة حرارة الأسمت والرمل والماء وحرارة الغرفة فى حدود
١٨ - ٢٤ درجة مئوية .
- ٤ - توضع المونة بعد خلطها مباشرة فى قوالب الاختبار بعد ملء القالب بوضع
كوبية صغيرة طبعه من نفس المونة وتضرب بالضرب الى أن يتساوى سطح المونة
مع حافة القالب ثم يكرر وضع كوبية صغيرة من المونة على الوجه الآخر وتضرب حتى
يظهر الماء على المطح بعد ذلك تملأ سطح القوالب بمحلاق المسطهن

هراى ألا يستعمل فى الضرب سوى السطح السطح من الضرب •

٥ - تحفظ القوالب فى جو لا تقل رطوبته النسبية عن ٩٠ ٪ ودرجة حرارته
 ٢٠ + ١ درجة مئوية لمدة ٢٤ + $\frac{1}{2}$ ساعة محصورة من نهايتها

الخلط ثم ترفع طهيات الأمنت من قوالب الاختبار لتختبر مباشرة وهى
 لا تزال رطبة •

٦ - يوضع كل قالب بين مقبض مكنة الاختبار كما فى شكل رقم (٤) وحمل بحمل
 يزداد تدريجيا بانتظام بمعدل ٤٠ كجم فى كل ١٠ ثوان وذلك حتى الكسر •

النتائج :

تحسب مقاومة شد مونة الأمنت والمعبر عنها باجهاد الشد كما يلى :

اجهاد الشد =

حمل الشد (متوسط ٦ طهيات)

$\frac{\text{الساحة المعوضة لهذا الحمل}}{\text{كجم / سم}^2}$

الساحة المعوضة لحمل الشد = ١ × ١ = ١ بوصة مربعة •

المناقشة : Discussion

- ١ - ما هي أهمية اجراء هذا الاختبار بالنسبة للأسمنت البورتلاندى سريع التصلد ؟
ولماذا لا يجرى هذا الاختبار على الأسمنت البورتلاندى العادى ؟
- ٢ - ما هي نسبة الأسمنت الى الرمل وكمية الماء المتعملة فى تحضير مونة الأسمنت .
- ٣ - اشرح كيفية اجراء اختبار قوة تحمل الشد بعد ٢٤ ساعة لمونة الأسمنت البورتلاندى سريع التصلد .
- ٤ - ارسم تخطيطها قالب الاختبار والأجهزة المستخدمة فى تحضير مونة الاختبار وفى اجراء الاختبار .
- ٥ - اذكر نتائج الاختبارات العملية التى حصلت عليها وأحسب منها اجهاد الشد للأسمنت المختبر .

»

»

»

(٧) اختبار ثبات الحجم للأسمنت

Determination of
soundness of cement

الفرض من الاختبار :

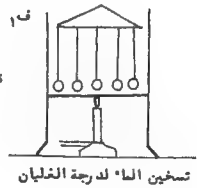
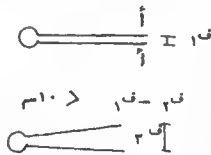
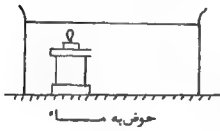
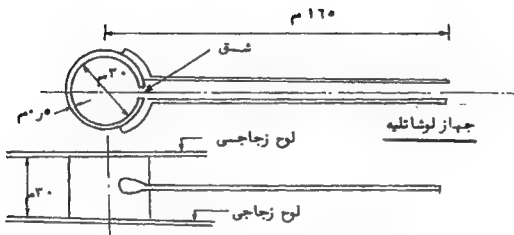
هو معرفة مدى ثبات حجم الأسمنت أى قياس التمدد فى عينة الأسمنت القياسية وذلك بتحديد الزيادة الحجمية بعد الشك والتصلب .

الأجهزة المستعملة :

- ١ - جهاز لوشاتليه الميزن بالرسم هراى أن يكون قالب الجهاز بحالة جيدة بحيث لا تهدد المسافة بين شقى فتحة القالب على ٠.٠٥ مم .
- ٢ - حوض به ماء - الواج من الزجاج - اتصال - مقفد .

خطوات الاختبار :

- ١ - تحضر كيتين الأسمنت وزنها ٦٠٠ جرام تقريبا (وهى الكمية اللازمة لعمل عينة تلاء ٦ عنات من قوالب لوشاتليه وضاف اليها كمية الماء اللازمة لجمعها
- عينة ذات قوام قياسى وهى الكمية التى تحدد من الاختبار رقم (٢) .



والذى يجب أن يجرى قبل هذا الاختبار مياطرة تحت نفس ظروف درجة الحرارة والرطوبة وتجري عملية الخلط جهدا بحيث تكون مدة الخلط $1 + \frac{1}{4}$ دقيقة

٢ - يوضع قالب شاتليبييه على لوح صغير من الزجاج هملاء بحجته الأسمنست ذات القوام القاسى السابق تجهيزها مع مراعاة حفظ حتى القالب منطبقين على بعضهما دون ضغط أثناء ملء القالب ثم يغطى القالب بلوح زجاجى آخر يوضع مسوكة ثقل صغير .

٣ - يغمس القالب بلوحه مع الثقل بعد ذلك مياطرة فى ماء درجة حرارته $200 + 1$ درجة مئوية ويترك لمدة ٢٤ ساعة .

٤ - يرفع بعد ذلك القالب من الماء وتقاس المسافة (١١) بين طرفى مؤخرى القالب الموضحة بالشكل .

٥ - تغمس القوالب ثانية فى ماء درجة حرارته ٢١ درجة مئوية وترفع درجة حرارة الماء تدريجيا الى أن تصل الى درجة الغليان فى مدة تتراوح بين ٢٥ - ٣٠ دقيقة ويترك القوالب فى الماء مع استمرار الغليان لمدة ساعة

٦ - ترفع القوالب من الماء ويترك لتبرد ثم تقاس المسافة (١١) بين طرفى مؤخرى القالب ثانية .

٧ - بحسب الفرق بين قراءتى المسافة (١١) السابق ذكرها فى الخلطتين (١) و (٦) يمكن ذلك الفرق معبرا عن تمدد الأسمنت وتنشيطه بالواصفات

القياسية على ألا يزيد هذا الفرق عن ١٠ سم للأصنت الهولندية المادى والأصنت
صريح التصلد .

المناقشة : Discussion

- ١ - ما هو المقصود بثبات حجم الأصنت ؟
- ٢ - ما هو تأثير عدم ثبات حجم الأصنت على الخصائص ؟
- ٣ - اشرح كيفية اختبار ثبات الحجم للأصنت باستخدام طريقة لوشاتليهـــــــــــــــــه
واذكر النتائج العملية التى حصلت عليها .
- ٤ - ارسم تخطيطها قالب لوشاتليه المستخدم فى الاختبار ويون ابعاد القياسية .
- ٥ - اشرح لماذا يجب تجهيز عينة الأصنت قبل اعادة اجراء اختبار لوشاتليه لها
عدم مطابقتها لاشتراطات ثبات الحجم فى الاختبار الأول ؟
- ٦ - ما هى الحدود التى تتمتع عليها المواصفات القياسية لقبول الأصنت بالنمىسة
لاختبار ثبات الحجم بطريقة لوشاتليه ؟
- ٧ - ما هى العوامل التى تؤثر الى عدم ثبات حجم الأصنت ؟

الجير Lime

الجير هو المادة الناتجة من حرق الأحجار الجيرية الموجودة في الطبيعة بعد تكبيرها ودرجة حرارة عملية التكليس تتراوح بين 900°C - 1000°C وهذه الدرجة أقل من درجة الحرارة التي يحدث عنها اتحاد أكسيد الكالسيوم مع أكسيد السليكون • والمواد الخام المستعملة حجر جيرى وهو عبارة عن كربونات الكالسيوم في صورة كالسوت (وهو الحجر الجيري النقي) أو الرخام أو الطباشير أو دولوميت (وهو مخلوط من كربونات الكالسيوم وكربونات الماغنسيوم) وتحتوى هذه الخامات على شوائب من أكسيد السليكون وأكسيد الحديد وأكسيد الألومنيوم ومغسفي الطبينات وهذه الشوائب لها أهمية لأنها تتحد مع أكسيد الكالسيوم معطية سليكات الكالسيوم وسليكات الألومنيوم وسليكات الحديد وقد تخفون كربونات الكالسيوم بتعاضد ثانى أكسيد الكربون تاركاً أكسيد الكالسيوم وهو الجير الحى •



$$100\% = 56\% + 44\% \text{ جزءاً بالوزن}$$

أنواع الجير :

يمكن تقسيم الجير الى النوعين الاتيين :

- ١ - جير غير مائى : وهو الجير الذى لا يذوب أو يتصلب تحت الماء وإنما لتصلبه وجوده في الهواء وهو الناتج من عملية تكليس كربونات الكالسيوم النقية •

- ٢ - جير مائي : وهو الجير الذي يهك ويتصلب تحت الماء وهو الناتج من عملية تكليس كربونات الكالسيوم مع مواد طينية (٨ - ١٠ ٪ طين)
يمكن تقسيم الجير الغير مائي أو الجير المائي الى النوعين الآتيين :

١ - جير حى : Quiklime

وهو أكسيد الكالسيوم الناتج من تكليس الحجر الجيري هلم هذه استعماله ضرورة طفيه أى إضافة الماء اليه وتجري عملية اطفاء الجير الحى فى موقع العمل .

ب - جير مطفأ : Hydrated lime

وهو الجير الحى الذى تم اطفاءه بإضافة الماء لذلك يمكن أن تقسم عملية الاطفاء أثناء الصناعة .

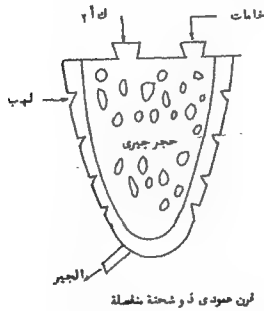
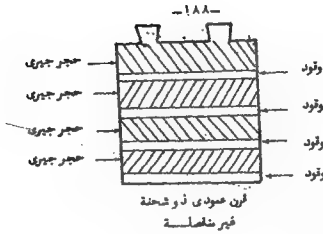
يمكن تقسيم الجير الغير مائي سواء كان جير حى أو جير مطفأ الى :

أ - جير دسم : يحتوى على نسبة أكسيد كالسيوم لا تقل عن ٨٠ ٪ .

ب - جير غير دسم : يحتوى على نسبة أكسيد كالسيوم لا تقل عن ٢٠ ٪ .

صناعة الجير :

تتلخص عملية صناعة الجير فى نقل وتحضير وكثير الخامات وخلطها ثم تكليس الحجر الجيري فى أفران خاصة فتسمى الفائض لطرد ثانى أكسيد الكربون ثم تبريد أكسيد الكالسيوم مع مراعاة عدم تعرضه للهواء الرطب مدة طويلة حتى لا يتحول



٣ - القرن السدوار

هو عبارة عن اسطوانة معدنية تدور حول محور ثابت وهي تشبه القرن الدوار
المستعمل في صناعة الأسمنت يوضع به من أعلى الجسر الجوى الكسر والطحون
من الهواء الساخن من أعلى إلى أسفل أيضا وتدور من القرن يدفع الجسر
الجوى من أعلى الاسطوانة إلى أسفلها يعمل الهواء الساخن على تجفيفه وتكليسها .

والأثران قد تملأ أنتاج غير مستمر أو أنتاج مستمر والأثران المستعملة فسى
الأنتاج الكبير هى المستمرة أما الأثران غير المستمرة فهى البدائية وغير اقتصاديــــــــــــة
وتستعمل للأنتاج الصغير وهى فقدان كبير للحرارة وللوقت وهى تحتاج لكمية وقود كبيرة
لتشغيلها •

الطفاة الجير

يجب قبل استخدام الجير الحى فى البينة أو أعمال بياض الحوائط أطفاء الجير
الحى وذلك بإضافة الماء اليه بكمية مناسبة فيتحول الى أيد روكسيد الكالسيوم •

$$\text{كا} + \text{هد} \longrightarrow \text{كا أ (يد أ)} + \text{حرارة}$$

كمية الماء اللازمة لعملية الأطفاء هى عبارة عن ٣٢ ر° من وزن الجير ولكن درجة الحرارة

العالية الناتجة من أطفاء ١ جم من أكسيد الكالسيوم تتسبب فى تبخير $\frac{1}{4}$ جرام

ماء وذلك تكون كمية الماء الحقيقية اللازمة لعملية الأطفاء عبارة عن ٣٢ ر° + ٠ ر° =

٨٢ ر° من وزن الجير الحى • ولتفادى الحرارة العالية أو الحصول على مجهنة

لذنة سهلة التشغيل يزداد ماء الطفى الى $\frac{1}{4}$ - ٢ مرة وزن الجير الحى وهذا

أطفاؤه يزداد حجم الجير الحى زيادة كبيرة تصل من ٢ - $\frac{1}{3}$ مرة الحجم

الأصلى • ويلاحظ أن مناولة الجير الحى بالأيدي غير مرغوبة لضربها على الجلد

فهى تحرقه بخلاف مناولة الجير المطفأ فليس لها تأثير ضار سببها •

تصليب الجسر :

.....

أن الجسر المعلق له قابلية كبيرة لامتصاص ثأني أكسيد الكبريت من الجو حسب
المعادلة الآتية والتحول إلى كبريتات الكالسيوم بعد تفاعل الماء .



وتتم الصلابة الكاملة لمؤنة الجسر عندما يحل ثأني أكسيد الكبريت الموجود في الجو
محلول الماء الموجود في أيديروكسيد الكالسيوم يتم ذلك ببطء ومؤنة الجسر ضعيفة نسبياً
بالنسبة لمؤنة الأسمنت .

الجسر المعلق في المنح :

.....

يمكن إطفاء الجسر في المنح وذلك بإضافة كمية الماء اللازمة فقط للتفاسيل
الكبريتاتى بدون زيادة ثم يدخل رصعاً في شكل مقاومة لنفاذ الرطوبة ويخزن لمدة مناسبة
واستخدام الجسر المعلق يكون بإضافة الماء مباشرة لتكون عجينة الجسر أو لامتعاله نفس
المؤنة مع الرصع .

مقارنة بين سزايما وجوب الجسر الحى والجسر المعلق في المنح :

.....

١ - للجسر المعلق في المنح ميزة سهولة المناولة وسهولة الاحتعمال وسهولة الخطط

مع الرصع لعمل المؤنة .

٢ - يمكن تخزين الجسر المعلق لمدة مناسبة .

٣ - الجير المطفأ يعطى مونة غير لدنة نسبياً لها قدرة قليلة لحمل الرمل بالتمهسة لمونة الجير الحسى .

٤ - من عيوب الجير الحى متاعب طبعه فى موقع العمل وتحمله السريع ضد تخزينه ونقله .

الجير المائى : Hydraulic lime

يصنع الجير المائى بحرق المواد الجيرية التى تحتوى على مواد طينية مسنة ٨ - ١٠ ٪ لدرجة حرارة عالية نوط ما عن الجير الحى تصل الى ١١٥٠ °م . وقد هذه الحرارة يتحد أكسيد السليكون وأكسيد الألومنيوم وأكسيد الحديد الموجود فى الخامات كشوائب مع بعضها مكونة سليكات والمونات الكالسيم . وهذا الجير الذى يحتوى على سليكات والمونات الكالسيم له خاصية التصلب تحت الماء وحسى بالجير المائى .

بعد الحرق فإن الجير المائى يتكون من مخلوط من أكسيد الكالسيم حر وركبات الجير (سليكات الكالسيم مع أكسيد الألومنيوم وأكسيد السليكون) والجير المائى المنتج له خاصية الشك والتصلب ولكنه أبطأ من الجير الحى فى شكه وتصلبه . وقد حرق المواد الخام لهذه الدرجة من الحرارة وهى درجة حرق الجير المائى يتكون كلنكر . وقد إضافة الماء السى الجير المائى فان أكسيد الكالسيم أو الجير الحى الموجود يتحول الى جير مطفأ وهشتت الكلنكر ولا يحتاج الى عملية الطحن التى يحتاج اليها كلنكر الأسنت وتم عملية اطفاء الجير المائى بوضع الناتج من القرن على شكل طبقات رقيقة ثم رطبها بالماء ثم تعمل على تشكيل

أكوام وتترك حوالي ١٠ أيام حتى يتم أطفائها وتحول الناتج الى مسحوق ناعم والجير البائي يتصلب بهبطا في الهواء ويمكن استعماله تحت الماء .

استعمالات الجير :

يستخدم الجير في الأعمال الانشائية ظاهرا كونه لوضع الطوب والحجارة فسوق بعضها في صفوف مترابطة وفي بعض الحوائط ، وفي صناعة الطوب الرملى وصناعة الحديد وصناعة الورق وبعض الصناعات الكيميائية وفي الزراعة لمعالجة بعض مسبب التربة .

وتعمل مونة من الرمل والجير بنسبة ٢ : ١ $\frac{1}{4}$: ٢ : ١ بالحجم على التربة حتى تكون المونة سهلة التشغيل وذات مقاومة كافية لتحمل ثقل الطوب .
وأعمال الهماس تتطلب طبقة بطانة أولى تحوى على ١ جير : ٣ رمل وطبقة تغطية ١ جير : ٣ رمل وطبقة نهائية سطحية رقيقة من محلول عجينة الجير فقط .
وقد تعمل الطبقة النهائية من محلول غليظ من الجير المطفأ والجبس .
يجرى على الجير اختبارات ميكانيكية لتحديد الاتمنى :

- ١ - التماسكة .
- ٢ - التخلف بعد الأطفاء .
- ٣ - الناتج الحجمى .
- ٤ - القابلية للتشغيل .
- ٥ - التسدد .

كما يجرى على الجسر أيضا اختبارات كيميائية لتحديد الاتساق :

- ١ - القاسد بالحرق .
 - ٢ - المواد الغير قابلة للذوبان
 - ٣ - ثاني أكسيد السيليكون
 - ٤ - أكسيد الحديدك وأكسيد الألومنيوم .
 - ٥ - تقدير أكسيد الحديدك .
 - ٦ - أكسيد الكالسيوم .
 - ٧ - أكسيد الماغنسيوم .
- ويمكن أن يشرح الاختبارات الميكانيكية للجسور .

■ ■

■

طرق اختبارات الأجرار ٠ ق ٠ م ١٩٦٥/٥٩٧

Methods of testing building limes

طريق أخذ العينات :

أ - الجير الحى : Quick lime

يؤخذ من عدة مواقع مختلفة كمية تزن حوالى ١٥٠ كجم بحيث تكون مثلاً في مجموعها للتوريد وتخلط هذه القادير خلطاً جيداً في مكان صلب نظيف جاف ثم تجرش العينة لتتر من منخل مقاس فتحة ٢٥ مم ويعاد خلطها وتجري لها عملية التجزئ الربعى حتى يتم الحصول منها على عينة اختبار تزن حوالى ٢٥ كجم .

ب - الجير المطفاً : Hydrated lime

تؤخذ من عدة مواقع مختلفة كمية تزن حوالى ٥٠ كجم بحيث تكون مثلاً في مجموعها للتوريد وتخلط هذه القادير خلطاً جيداً في مكان صلب نظيف جاف ثم تجرى طهيها عملية التجزئ الربعى بحيث يتم الحصول منها على عينة اختبار تزن حوالى ٥ كجم .

ج - الجسر الهيدروليكي :

تؤخذ من عدة هياكل مختلفة كمية تزن حوالى ٥٠ كجم بحيث تكون متلفة فى مجموعها للجسر وتخلط المقادير خلطا جيدا فى مكان صلب نظيف جاف ثم تجرى عليها عملية التجزئ^١ الرطب بحيث يتم الحصول منها على خمسة اختبارات تزن حوالى ٥ كجم .

هـ يكون تحضير العينة أو العينات النهائية للأجارب بأنواعها المختلفة بأقصى سرعة ممكنة بحيث لا تتجاوز العملية مساحين لى لا يتلف الجسر .
تمبأ العينات بعد ذلك فى وعاء محكم القفل جاف لا تتلف فيه الرطوبة والهواء ويخلق الوعاء جهدا لحين اجراء الاختبار .

(١) اختبار النعومة للجير

Finess of lime

تتلخص هذه الطريقة في نخل مقدار معلوم من الجير المطفأ بتمسكه
عبر شلال منخلين مقاس فتحتيهما ٢٦١ ر.م ٥ ٨٩ ر.م على التوالي وتقدير
وزن المحتجز على المنخلين .

الأجهزة المستعملة :

- ١ - فرن تجفيف يمكن استعماله حتى درجة حرارة ١٥٠° م .
- ٢ - ميزان حساس
- ٣ - منخلان مقاس فتحة الأول ٢٦١ ر.م ومقاس فتحة الثاني ٨٩ ر.م .

خطوات الاختبار :

- ١ - يوزن ١٠٠ جم من الجير المطفأ وتدخل بمنخل مقاس فتحة ٢٦١ ر.م
والذي يكون موكباً على منخل مقاس فتحة ٨٩ ر.م .
- ٢ - تعمل المينة بهند أو متوسط من الماء باستعمال أنبوبة من المطاط متصلة
بالصنبور وراءى ألا تتفريق صلبة الغسل بالماء هذه أكثر من ٣٠ دقيقة
كما يراعى عدم دلك المتخللات على كل من المنخلين .

٣ - يجفف ما يتبقى من وزن التجفيف عند ١٠٠°م (± ٥°م) وحتى يثبت الوزن ~~يبرد~~ في مجفف ثم يوزن .

النتائج :

النسبة المئوية للمحجز على المنخل الذي يقاس فتحة نحـــــــــــــــــو

$$٠.٢١١ \text{ م} = \frac{1}{3} \times ١٠٠ \cdot$$

النسبة المئوية للمحجز على المنخل الذي يقاس فتحة ٠.٨٩ مـــــــــــــــــم

$$= \frac{ب}{3} \times ١٠٠ \cdot$$

حـــــــــــــــــث :

و = وزن المينة .

أ = مقدار المحجز على المنخل الذي يقاس فتحة ٠.٢١١ م

ب = مقدار المحجز على المنخل الذي يقاس فتحة ٠.٨٩ م

»

»

»

(٢) اختبار التخلف من الجير بعد الاطفاء

Determination of left lime
after slaking.

تتلخص هذه الطريقة في اطفاء مقدار معلوم من الجير الحى ونخله بعد مضي
٢٤ ساعة خلال منخلين مقاس فتحتيهما ٠.٨٥٣ مم و ٠.٢٩٥ مم على التوالي
وتقدير التخلف على كل منهما .

الاجهزة المستعملة :

- ١ - فرن تجفيف يمكن استعماله حتى درجة حرارة ١٥٠° م .
- ٢ - ميزان حساس .
- ٣ - أوعية أسطوانية من المعدن قطر كل منها حوالى ٤٥ سم وارتفاع
كل منها حوالى ٥٥ سم .
- ٤ - منخلان مقاس فتحة الأول منهما ٠.٨٥٣ مم ومقاس فتحة الثانى ٠.٢٩٥ مم .
- ٥ - مقياس للحرارة (ترمومتر) يمكن القياس به حتى ١٥٠° م .

خطوات الاختبار :

- ١ - يؤخذ مقداران وزن كل منهما ٥٠٠ كجم من الجير الحى الذى تم تكويره ويوضع
كل منهما فى وعاء معدنى اسطوانى نظيف وتضاف كمية مناسبة من الماء

تتراوح ما بين ٤ أضفاف الى ٨ أضفاف وزن الجبر وتغيبط درجة حرارة الماء فسي
أحدهما عند ٥٠° م وفي الآخر عند ١٠٠° م ($\pm ٢^\circ$) لمدة ساعة باضافته
ماء بارد أو ساخن يترك الجبر لمدة ٢٤ ساعة ليجرد حتى حرارة الغرفة
هرأى تغليب بقلب خفي مدة مرات خلال هذه المدة .

٢ - تصفى محتويات الوطائين المائل والراسب بعد تغليبها بالقلب الخفي خلال
منخلين قماشين مقاس تحتيهما ٨٠٣ م × ٢٩٥ م على التوالي
وتحتفل المواد المارة من المنخلين في وطء مشابه لوطء الاطفا يكون مجهزا بقطعة
من القماش مستطيلة الشكل أبعادها ١٢٠ × ١٨٠ سم ويكون القماش دقيق الممسام
أنزلت منه مواد التجهيز بالفصل .

٣ - يغطف أناء الاطفا جيدا ونقل ماء الشطف الى المنخلين وشطف المنخلان
وحتياتهما بتيار متوسط من ماء الصنبور باستعمال أنبوبة من المطاط هرا على
ألا تمنعق طلمة التعفئة هذه أكثر من ٣٠ دقيقة كما هراى تسهر جميع محتويات
وطء الاطفا خلال المنخلين .

٤ - تجفف محتويات المنخلين في فرن التجفيف عند ١٠٠° م $\pm ٥^\circ$ م وحتى
يثبت الوزن ثم تجرد في مجفف ووزن .

٥ - تضم أطراف قطعة القماش وحتياتها لتصبح على هيئة كيس حيث يصفى منه
الماء بالضغط المتوسط ويحفظ بالمجفة لاجراء اختبار تقدير الناتج
المجسي للجبر .

النتائج :

النسبة المئوية للتخلف من الجير على النخل الذي يقاس فتحه

$$٨٥٣ر٠م = \frac{١}{١٠٠} \times ١٠٠$$

النسبة المئوية للتخلف من الجير على النخل الذي يقاس فتحه

$$٢٩٥ر٠م = \frac{ب}{١٠٠} \times ١٠٠$$

حيث :

و = وزن الجير الحى

أ = وزن التخلف على النخل الذي يقاس فتحه ٨٥٣ر٠م

ب = وزن التخلف على النخل الذي يقاس فتحه ٢٩٥ر٠م

» »

»

(٢) اختبار تقدير الناتج الحجمي للجير

Determination of Volume
yield of lime.

تتلخص هذه الطريقة في حمل عجيئة من الجير وتقياس قوامها باستخدام
جهاز قياس اللزوجة حتى يتم الحصول على هبوط قدره ١٢.٥ سم وتقدير الكثافة
بتعيين وزن حجم معين من العجيئة ثم بحسب الناتج الحجمي للجير .

الأجهزة المستعملة :

- ١ - أنبأ احطواني خاص كما في الشكل (٢) أو مخبر مدمج .
 - ٢ - ميزان حساس .
 - ٣ - غلاط
 - ٤ - مسطرين .
 - ٥ - قنطرة معدنية .
 - ٦ - جهاز قياس اللزوجة (جهاز سوزارد أو ما يماثله) المبين في الشكل (١) .
- يتكون جهاز سوزارد من احطوانة معدنية تكون في وضع رأسي قطرها الداخلي
٥.١ سم والاحطوانة بكبس معدني يتزلق داخلها باحكام وطول مشوار هذا
الكبس ٦٣ سم . والامكان رفع الكبس الحمل على الطرف الأسفل المقبول

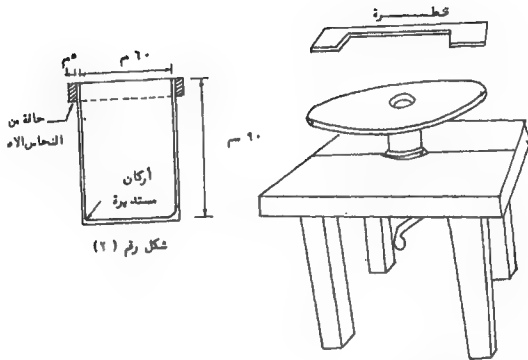
من الاسطوانة دون تحريك حركة دائرية وذلك بواسطة قلاويظ له اربعة أمتسسان
سمكة في كل ٢٥ سم هذا هم القلاويظ خلال تحته مقلوطة في نهاية الطسبرف
الأنفيل للاسطوانة ومحاط الطرف العلوى للاسطوانة المعدنية بقرص ممتوى السطح
له سهل استخدام القططرة المعدنية الخاصة للقياس .

هرى غسل جهاز قياس اللزوجة غسلا جيدا قبل الاستعمال يمكن في حالة عدم وجود
خلط استعمال مقربة منزلة في تصريف المجينة وذلك يتمبرها في الغربة مرتين
على الأقل قبل اجراء الاختبار .

خطوات الاختبار :

١ - يهبط قوام مجينة الجير المحفظ بها في الكيس (من اختبار تقدير التخلط
بعد الاطقاء) الى القوام القياسى الذى يتم الحصول هذه طسى
هبوط مقداره ١٢٥ سم وتكون صلابة هبط قوام المجينة أما بإضافة الماء
الها أو سحقها منها (بوضعها فوق سطح ماس) وتضربها وغلطها
لتصبح قابلة لاجراء الاختبار وتعاد هذه المحاولة حتى يتم الحصول طسى
الهبوط القياسى المطلوب .

٢ - يخفض الكيس الى نهاية مشواره السفلى وتلاها الاسطوانة بالمجينة
ذات القوام القياسى بكل عناية هراعى تجنب وجود أية فقاعات هوائية
بضرب المجينة برفق من أعلى ثم يرفع الكيس وقما منتظما وذلك بتد همر



جهاز حوزارد
لقياس اللزوجة
شكل رقم (١)

القللوط بمعدل دورة واحدة في الثانية لمدة ١٠ ثوان وحتى تبرز المعجونة كلها ضد تد رأسها الى أعلى على شكل اسطوانى يقاس ارتفاع المعجونة بواسطة قنطرة ممدنية ارتفاعها حوالى ٥ سم وهكذا يمكن تقدير مقدار الهبوط وهو الفرق بين ارتفاع المعجونة بعد بروزها الى أعلى وبين طول مشوار الكبس .

٣ - تقدير كثافة عجينة الجير التى ضبطت قوامها (عندما يتم الحصول على هبوط مقداره ١٢٥ سم) وذلك بتعيين وزن حجم معين من هذه المعجونة باستخدام الاناء الاسطوانى الموضح بالشكل رقم (٢) أو مخار سدرج مناسب . مع مراعاة تجنب وجود أية فقاعات هوائية فى المعجونة وللاحتياط تقدير كثافة عجينة الجير مرتين هو أخذ الرقم الأكبر فى الاخبار وتسمي المعجينة الأخرى هذا ويظهر بالذكر أن المعجينة التى تملأ الرقسم الأكبر تعتمد أرقامها الخاصة بالتخلف بعد الاطفاء والناتج الحصى والقابلة للتشغيل .

النتائج :

$$\text{الناتج الحصى} = \frac{V}{C - 1} \text{ ملليمتر / جم}$$

$$\text{جيم ك ت} = \text{كثافة عجينة الجير}$$

(١) اختبار القابلية للتشغيل للجبر

Determination of workability
of lime

تتلخص هذه الطريقة في تجهيز عجينة من الجبر وضبط قوامها وتحديد عدد

الصدقات التي يصبح عنها قطر المجبنة ١٩ سم .

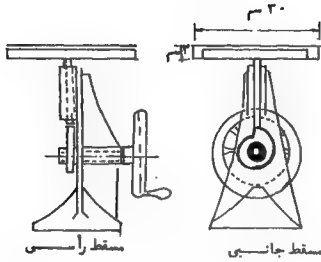
الأجهزة المستخدمة :

١ - مفرمة

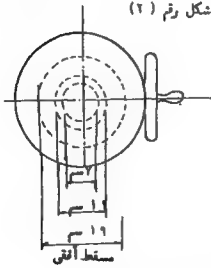
٢ - قالب مخروطي كما بالشكل رقم (١)

٣ - جهاز القابلية للتشغيل كما بالشكل رقم (٢) .

يتكون هذا الجهاز من قرص معدني مصنوع من صلب مقبول أملس السطح وقطره ٣٠ سم وسكبه ٣ سم وتوجد مخفورة على سطحه ثلاث دوائر أقطارها ١١ ، ١١ ، ١٩ سم تملأ بالصح . لتسهيلها يسطح القرص أمتها على عامود رأس يرتفع صهبي على مسافة مقدارها ١٢٢ سم بواسطة حديد يوجد بأسفل حافة طرف القرص حلقة من الحديد الزهر تقطعها ٦ سم ٢ وقطرها الخارجي مساو لقطر القرص يبلغ وزن الاجزاء المتحركة من القرص حوالي ٧ كجم كما يبلغ الوزن الكلي للجهاز ٢٠ كجم مراعى تثبت الجهاز على قاعدة ثابتة من الطوب أو الخرسانة



شكل رقم (٦)



٨٦ م

جهاز القابلة للتشغيل

ويستظف القرص ويجفف قبل الاستعمال كما يشحم العمود المتحرك بمنزيت خفيف

خطوات الاختبار :

١ - تجهيز عجلة الجير الحى الدسم :

تجهز عجلة من الجير كما هو مبين بطريقة المتخلف بعدد الاطفاة مضبوط

قوام العجلة كما هو مبين بطريقة اختبار الناتج الحصى .

ب - تجهيز عجلة الجير المطلقا الدسم :

يخلط حوالي ٥٠٠ جرام من الجير المطلقا مع كمية مساهمة من الماء درجة

حرارته بين ٢٠ ° و ٢٥ ° هـ يترك لمدة ٢٤ ساعة يتم بعدها خلط

العجلة وذلك بتفريغها فيها جيداً لتصبح لدنة باستعمال طريقة

منزلة مادية تسد فيها العجلة مرتين .

٢ - تضع العجلة في قالب معدنى مخروطى الشكل يبلغ ارتفاعه ٥ ٨ سم

يبلغ قطر طرفه الضيق ٨ سم من الداخل وقطر طرفه الواسع

٦٦ سم من الداخل وسطحه الداخلى أملس ثم تسمى العجلة

هوامى تجب وجود أية نقاط هوائية .

٣ - يوضع القالب في مركز القرص وتوزع العجلة من القالب لتستقر طوى

مركز القرص مع مراعاة ألا يخلق أى جزء من المجننة والا اقتصاد العملية هذا الجهاز للحصول على مجننة قطرها ١١ سم بعد صدمة واحدة فإذا كان قطر المجننة يقل عن ١١ سم وكانت المجننة جافة فيضاف مزيد من الماء أما إذا كانت المجننة رطبة فيجب عندئذ تقليل نسبة الماء بوضع المجننة لمدة قصيرة فوق سطح ماص ثم يعاد ضبط المجننة للحصول على قطر مقداره ١١ سم بعد صدمة واحدة .

٤ - بعد التأكد من ضبط القوام الفعالي للمجننة يدار جهاز الاختبار بمعدل صدمة واحدة كل ثانية وحدد عدد الصدمات التى يصبح بعدها قطر المجننة ١٩ سم . يتم ذلك بقياس ثلاثة أقطار من مواقع مختلفة بين كل موقع وآخر زاوية مقدارها ٦٠° تقريبا يراعى أن تكون درجة حرارة الجهاز والمادة المختبرة والجسم المحيط بهين ٢٠ - ٢٥ °م .

النتائج :

القابلية للتشغيل = عدد الصدمات التى يصبح بعدها

قطر المجننة ١٩ سم .

*

*

*

(٥) اختبار تمدد الجير

Determination of

Expansion of lime

تتلخص هذه الطريقة في تحضير مونة من الأسمنت والجير والرمل وتماس تمدد ها
ثم بحسب تمدد الجير يختم تمدد الأسمنت القدر وبطريقة لوفاتليه من تمدد
المونة .

خطوات الاختبار :

١ - تحضير المونة بخلط المواد التالية بنسبة ١ : ٣ : ١٢ على التوالي
أ - الأسمنت البورتلاندى العادى الذى لا يزيد مقدار التمدد فيه
على ٤ سم .

ب - الجير المطفى المختبر .

ج - الرمل يستعمل فى هذا الاختبار رمل كوارتزا نقيا منسوبا وجف
همر هذا الرمل من منخل تهاى فتحة ٨٥٣ سم ويحجز على منخل
مقاس فتحة ٥٥٩ سم . ولا يزيد مقدار القدر من وزن الرمل على
٥٠ % ضد معالجته بحضاريد وكلوكيك الساخن (١٦ ر ١)

بالطريقة التالية :

يوزن جرامان من الرمل الجف لمدة ساعة ضد درجة حرارة
١٠٠°م ± ١٠°م فى جفنة من الصفى ويضاف اليها ٢٠ مل من حـضـ

الهيدروكلوريك (١٦ر ١) ٢٠٠ مل من الماء يسخن فوق حمام مائي لمدة ساعة
وهو يحترق المتبقى يغسل بالماء الساخن ثم تجفف ورقة الترميز بها عليها من الراسب
وتحرق باحتراق في بوتقة من البلاتين حتى يثبت الوزن • وحسب النسبة المئوية
للخاقد بالوزن بتأثير حمض الهيدروكلوريك كما يلي :

$$\text{النسبة المئوية للخاقد في الوزن} = \frac{100 \times (100 - \text{ب})}{100}$$

حيث : ١ = وزن البول بالجرام قبل المعالجة بالحمض

ب = وزن البول بالجرام بعد المعالجة

٢ - يضاف الماء بنسبة ١٢ % من وزن الخليط الجاف ثم يخلط جيدا وتُحَلَّلُ من
الخليط ثلاث قوالب لوضعية وضع كل قالب من الخليط منها على لـوح
زجاجي يراعى عند ملاء هذه القوالب بالمحلول أن تكون حوافها كل منها
مفتوحة من بد رجة صغيرة يمكن معبأ روية الحافتين كما يراعى تجنب وجود
فقاظت هوائية أثناء السلاء •

٣ - تغطى القوالب بلوح زجاجي محمل بثقل صغير وتترك القوالب ساكنة لمدة
ساعة ثم تقاس المسافة بين مؤهري الجهاز وتنقل بعد ذلك الى حجرة رطوبة
الهواء لدرجة التشبع حيث تبقى فيها ٤٨ ساعة ثم تؤخذ القوالب وهي مغطاة
وتعرض لتأثير بخار ماء مستمر تحت الضغط الجوي العادي لمدة ثلاثة
ساعات وتؤخذ بعد ها وتترك وتقاس المسافة بين مؤهري الجهاز للمرة الثانية •

ويجب ألا تكون الهادة بين القراطين أكثر من ١٠ سم وذلك بعد ختم ١ سم
من مدار تمدد البنية والهادة الناتجة بعد الختم هي مقدار الجـبـير •
ملاحظة أن ختم تمدد الأمتن (١ سم) مقدرا على أساس أن تمدد الأمتن
الهورتلاندي المقدول لطبقة لوفاتليه لا يزيد على ٤ سم •

تابع ملخص إجراءات البعثات الخارجية - ٢٠٠٤/١٦٠٠ للبحر الأحمر والبحيرة البيضاء

المستطوع		المستوعب		المستطوع	
المستطوع	المستوعب	المستطوع	المستوعب	المستطوع	المستوعب
جور مطا نور دسم	جور مطا نور دسم	جور من نور دسم	جور من دسم	الكفرس ٢	٢ - نسبة اكتفاء
لا تقل عن ٥٠%	لا تقل عن ٦٥%	لا تقل عن ٧٥%	لا تقل عن ٨٥%	١ - نسبة اكتفاء	١ - نسبة اكتفاء
لا تزيد على ٤%	لا تزيد على ٢%	لا تزيد على ٥%	لا تزيد على ٣%	٣ - نسبة اكتفاء	٣ - نسبة اكتفاء
		لا تزيد على ٥%	لا تزيد على ٥%	٤ - نسبة اكتفاء	٤ - نسبة اكتفاء
لا تزيد على ٥%	لا تزيد على ٥%	لا تزيد على ٧%	لا تزيد على ٧%	٥ - نسبة اكتفاء	٥ - نسبة اكتفاء
لا تزيد على ٨%	لا تزيد على ٤%	لا تزيد على ١٥%	لا تزيد على ٥%	٦ - نسبة اكتفاء	٦ - نسبة اكتفاء

٤ - التخليق بعد الاطفاء	لا يزيد على ٥٪ على متخل ٣ م. م ولا يزيد على ٣٪ على متخل ١٥ م.	لا يزيد على ٥٪ على متخل ٥٣ م. م.		
٥ - التصفية			لا يزيد على ٥٪ على متخل ١١ م. م ولا يزيد على ١٠٪ على متخل ٨٩ م.	لا يزيد على ٥٪ على متخل ١١ م. م ولا يزيد على ١٠٪ على متخل ٨٩ م.
٦ - النتائج المصنوعة	لا يقل عن ١٣ مع ٣ / م بعد الاطفاء			
٧ - القابلية	لا تقل عن ١٣ وحدة لصنع قنطرة المجهدة ١٩ م		لا تقل عن ١٠ معدلات لصنع قنطرة المجهدة ١٩ م	
٨ - التبريد			لا يزيد القدد على ١٠ م.	لا يزيد القدد على ١٠ م.

الجبس

=====

Gypsum

=====

الجبس هو المادة المتحصلة لهماض الحوائط حصل عليها بإزالة ماء التبلور جزئيا أو كلها من خام الجبس الطبيعي بالتصخين لدرجة الحرارة المطلوبة والتي تعطى نوع الجبس المطلوب . وخام الجبس النقي يتكون من كبريتات الكالسيوم التي تحوى على ٢ جزئ من الماء (كاكب ١٤ ٠ ٢٠ ٢٠) وعندما يبرد خام الخام من المفاعل يحوى على هوائى حسب أهمها الطين وكبريتات الكالسيوم وكبريتات الماغنسيوم والجبس الغيور نقي المستخرج من باطن الأرض يسمى جبس أبيض (جيمت) والجبس الناعم يسمى الألباستر والجبس المتبلور عديم اللون والشفاف يسمى ملينوس . وتتوقف طبيعة ونوع الجبس الناتج على نقاوة المادة الخام ودرجة حرارة التصخين والسواد المضافة بعد التكليس لتقليل أو إزاحة زمن جف الجبس .

صناعة الجبس :

تتلخص صناعة الجبس فى تكوير وطحن خام الجبس ناهما ثم تكليسها لدرجة حرارة تصل من ١٣٠ - ٢٠٠°م فى أفران دوارة مثل أفران الأسمنت الدوارة وهى أفران مستمرة تعطى إنتاج مستمر من الجبس فى بعض الأحيان تستعمل أفران القدر وهى عبارة عن أناء معدنى يسع حوالى ٢٢ طن ويسخن من أسفل .

$$1 - \text{كأب أ} \quad ٢٠ \text{ يد أ} \quad \frac{130 - 200}{1} \text{ كأب أ} \quad \frac{1}{4} \text{ يد أ} + \frac{2}{4} \text{ يد أ} \quad (\text{طرء جزئى للماء})$$

$$ب - \text{كأب أ} \quad ٢٠ \text{ يد أ} \quad \frac{\text{أكثر من } 200}{1} \text{ كأب أ} + ٢ \text{ يد أ} \quad (\text{طرء كامل للماء})$$

بعد التكلس يضاف لبعض أنواع الجبس أملاح غير ضارة تعاضد على سرعة زمن الفك مثل كبريتات وكلوريدات وكربونات الصوديوم والكالسيوم أو تضاف مواد لتأخير زمن الفك مثل الغراء ونشارة الخشب وحامض الستريك وحامض المستريك .

أنواع الجبس :

يمكن تقسيم الجبس إلى النوعين الرئيسيين الآتيين على حسب درجة حرارة التكلس :

١ - جبس ناتج بإزالة ماء تبلور خام الجبس جزئياً :

عند تسخين خام الجبس العائى كأب أ ٢٠ يد أ لدرجة حرارة حوالى ٢٠٠°م بطرد الماء جزئياً يتكون الجبس العائى (عجينة باريس) وهو عبارة من كأب أ ٠ ١ - يد أ وعجينة باريس تأخذ الماء بسهولة وحدث ذوبان ثم عملية تشبع ثم عملية بلورة وهذه البلورات الناتجة تسبب القوة

والتعليب لمعجونة باريس • ولتكوين عجينة لدنة سهلة التشكيل يضاف ماء حوالى ٧٥ ٪ من وزن الجبس وتستعمل عجينة باريس فى عمل الموديلات وعمل القوالب والقسم والبواض ووزن الشك يتراوح من ٥ - ١٥ دقيقة يمكن تقسيم الجبس الصناعى حسب نسبة كميات الكالسيوم به الى الاتى :

أ - جبس عادى : يسمى احيانا بالجبس البلى ونسبة كـ بـ أ $\frac{1}{4}$ يد ١ • $\frac{1}{4}$ يد ١
فيه لا تقل من ٦٠ ٪ ولونه رمادى يعيل الى الاصفرار وينقسم بالنسبة لوزن الشك الى نوعين :

جبس عادى متوسط الشك : وزن الشك لا يقل عن ١٥ دقيقة •
جبس عادى سريع الشك : وزن الشك لا يقل عن ٥ دقائق ولا يزيد عن ٨ دقائق •
ب - جبس المصمم : نسبة كـ بـ أ $\frac{1}{4}$ يد ١ • $\frac{1}{4}$ يد ١ فيه لا تقل عن ٨٠ :
ولونه أبيض وينقسم بالنسبة لوزن الشك الى نوعين :

جبس مصمم بطي الشك : لا يقل وزن الشك عن ساعة •
جبس مصمم متوسط الشك : لا يقل وزن الشك عن ١٥ دقيقة •
ج - جبس التشكيل : نسبة كـ بـ أ $\frac{1}{4}$ يد ١ • $\frac{1}{4}$ يد ١ فيه لا تقل
٦٠ ٪ ولونه أبيض ناصع ولا يقل وزن الشك عن ١٥ دقيقة ولا يزيد عن ٤٠ دقيقة

د - الجسم الطبقي :

محتمل للاغراض الطبية ونسبة كـ أ ١ $\frac{1}{4}$ يد أ ٢ فيه لا تقل عن

٩٣ ٪ ، وزن الشك لا يقل عن ٢ دقيقة ولا يزيد عن ٤ دقائق .

٢ - جسم ناتج بإزالة ماء التبلور كلياً :

قد تخزن خام الجسم النقي لدرجة حرارة أكثر من ٢٠٠ °م يطرد الماء

كلياً ويتكون كـ أ ١ والجسم الناتج من عملية التكتل ينقسم إلى :

أ - جسم بهاض الأرضيات : وفيه يتم الفك في ساجون .

ب - بهاض التشطهـب المعد : وهو ناتج تكتل الجسم الخام المطاف إليه القسمة

أو البوراكس لدرجة الاحمرار (حوالي ١٠٠٠ °م) ويضاف إليه ١ ٪ من

كبريتات البوتاسيوم والألمنيوم ، للاسراع في زمن الفك وهو يتراوح بين

١ - ٤ دقائق وقوة تحله في القد بعد ٢ أيام < ٣٠ كجم / سم ٢ .

جسم بهاض الحوائط :

يستخدم للطبقة الأولى والطبقة الثانية لبطانة البهاض بعد غطه بالوسـل

بالنسبة الاتيـمة :

وتتوقف هذه المقاومة على الآتى :

- ١ - المواد المضافة للجبس لتقليل سرعة شكته .
- ٢ - درجة حرارة تكليس الخام .
- ٣ - كمية الماء اللازمة لعمل عجينة لدنة من الجبس فتزيد مقاومة الجبس للانضغاط كلما قلت كمية الماء .
- ٤ - درجة جفاف الجبس .

وحصل الجبس على نصف قوته بعد ٢٤ ساعة من وضعه في مكانه والبهاض الجبس الذى يحتوى على جبس : رمل بنسبة ١ : ٢ قوته حوالى ٦٠ % مسمن بهاض الجبس الذى لا يحتوى على رمل . والمواد المضافة للجبس للتحكم في زمن الفك تقلل من مقاومة الجبس بعد التصليب ومقاومة الشد للجبس ضعيفة ومعايير مرونة الجبس حوالى ٧٠ طن / سم^٢ والنعنى الهوائى للاجهاد والانفعال في الشد والانضغاط تنزيها خط مستقيم .

استعمالات الجبس :

يستخدم في البهاض كمادة لاحقة سريعة الشك في البناء ولعمل التاشييل ولأعمال الديكور .

» »

»

اختبارات الجبس الصناعي

(١) اختبار درجة النعومة

Testing of gypsum

plaster.

الفرض من الاختبار :

تمييز تماس جهات الجبس أى درجة نعومته .

خطوات الاختبار :

- ١ - يخلط مقدار من الجبس فى جفنه من الصبى فى فرن تجفيف درجة حرارته حوالى ٤٥° م حتى يثبت الوزن .
- ٢ - يؤخذ من الجبس صينه وزنها ١٠٠ جم وتخلط على المنخل القياسى رقم ١٤ ثم المنخل القياسى ١٠٠ مع عدم استعمال أى طبل لضغط الجبس فى فتحات المنخل .
- ٣ - يوزن المتخلف من الجبس على كل منخل وينسب مثوا للوزن الأعلى ثم تقارن هذه النسب بحدود المواصفات القياسية المصرية .

المناقشة : Discussion

- ١ - ما هو الهدف من إجراء اختبار النموة للجسم ؟
- ٢ - كيف تحضر العينة الكلية لاختبارات الجسم وكيف تجهز منها عينة اختبار النموة ؟
- ٣ - اشرح كيف يجرى اختبار النموة للجسم - اذكر نتائج الاختبار .
- ٤ - ما هي الفائدة من استعمال المنخل رقم ١٤ (٢٥٠م) في الاختبار ؟
- ٥ - ما هي الأنواع المختلفة من الجسم الصناعي المحضرة من خام الجسم ؟
- ٦ - ما هي الاشتراطات التي تنص عليها المواصفات القياسية المصرية
م ٥٠ ق ١٨٨ لخاصة اللون والنموة اللازمين للجسم المادى
(الجسم البلى) وجسم الهياض (مصفى الجسم) وجسم التشكيل ؟

(٢) اختبار تعيين كمية الماء اللازمة لعمل عجينة

قياسية للجبس :

Determination of consistence of
standard gypsum paste

المقروض من الاختبار :

تعيين كمية الماء اللازمة لتشكيل عجينة من الجبس ذات قوام قياسي لاحتعمالها
في تحضير عينات اختبار زمن الشك للجبس واختبار معايير الكمرق في الانحناء .

الأجهزة المستعملة :

- ١ - جهاز نيكات السابق مرده في اختبارات الأمتت .
- ٢ - ميزان - لوح غير معالي من المعدن أو الرغام - صهار مدج لتحديد
كمية الماء المضاف .

كمية الماء القياسية :

هي كمية الماء اللازمة للخلط مع ١٠٠ جم من الجبس المنامي لتكون عجينة
قياسية تسمح لطرف امطوارة جهاز نيكات المهبوط عنها الى نقطة تعمد عن قاع قالب
الجهاز مسافة ٢٠ - ٢٦ مم .

خطوات الاختبار :

١ - يحضر ٢٠٠ جم من الجبس المراد اختباره وتنتشر على لوح غير مساسي وهماك
الهماك بكتبة شوية معونة من وزن الجبس .

٢ - يخلط الجبس مع الماء لمدة ٣ دقائق خلطا جيدا ثم يملأ قالب جهاز
فيكات الموضوع على لوح غير مساسي بمجينة الجبس وهو السطح .

٣ - يوضع قالب جهاز فيكات فوق قاعدة الجهاز ويدل الطرف الاسطوانى
ببطء حتى يلامس سطح العينة ثم يترك ليهبط تحت تأثير وزنه .

٤ - تؤخذ القراءة على التدريج والوجود أمام العلامة الأفقية على اسطوانة
جهاز فيكات فتدل على ارتفاع الطرف الاسطوانى لجهاز فيكات عن تسامع

القالب .

تعددت في عمالة الاختبار بناء على نتيجة الاختبار السابق مع كل عينة أخرى بكتبة

ماء بفاقة أكبر أو أقل من الاختبار السابق للوصول إلى كتبة الماء التى

تعطى عينة الجبس ذات القوام التماسى .

٦ - يعاد الاختبار عدة مرات ثم يرسم منحني يمثل العلاقة بين : لتبينة

الشوة للماء البضاف ومع طرف اسطوانة : جهاز فيكات عن قاع القالب المساسى

وحدد من هذا المنحنى كتبة الماء التى تعطى عينة قياسية من الإسبستك

(حسب التصريف السابق) .

(٢) اختبار تعيين زمن الفك للجبس

Determination of setting

time of gypsum.

زمن الفك للجبس هو الزمن الذي يضي من لحظة إضافة الماء للجبس
(بنسبة ماء المجينة القياسية والسابق تحديده من الاختبار رقم (٢) الى اللحظة
التي يستطیع طرف ابهر جهاز فيكات الهبوط الى مسافة ٣ سم من قاع قالب الجهاز.

الأجهزة المستعملة :

جهاز فيكات مع استبدال الطرف الاسطوانى بإبرة فيكات - ماء ايقسان .

خطوات الاختبار :

١ - يحضر ٢٠٠ جم من الجبس ويضاف اليها ماء بنفس النسبة المثبتة السابق

تحديدها فى اختبار رقم (٢) لتشكيل عجينة قياسية من الجبس مع

تشغيل ماعلة الايقاف عند إضافة الماء للجبس .

٢ - يخطط الجبس مع الماء جيدا لمدة ٣ دقائق ثم توضع عجينة الجبس لـ

قالب جهاز فيكات مستوى السطح .

٣ - يوضع قالب جهاز فيكات والموضوع فوق اللوح المعدنى تحت الطرف الاسطوانى

- والذى يتدلى منه ابرة فيكثرت ثم يدلى طرف الابرة حتى يلامس سطح المجنونة
 بهبط ثم يترك لمهبط تحت تأثير الوزن الكلى للطرف الاسطوانى وتؤخذ قسما
 التدريج أمام الصلابة على الاسطوانة فتدل على بعد طرف الابرة عن القاع .
- ٤ - تترك المجنونة فترة ثم يحرك القالب قليلا حتى لا تهبط الابرة فى النقطة
 الواحدة أكثر من مرة جهاد عليه نفاذ الابرة فى عينة الجبس .
- ٥ - تكرر هذه العملية عدة مرات حتى تصل الى اللحظة التى يبعد فيها
 طرف ابرة جهاز فيكات الى بعد ٣ سم من قاع القالب .
- ٦ - يملأ الزمن المبين بساعة الايقاف فيكون هو زمن الشك للجبس .

المناقشة : Discussion

- ١ - ما هو الغرض من اجراء اختبار زمن الشك للجبس ؟
- ٢ - اشرح كيفية اجراء اختبار زمن الشك وأذكر نتائج الاختبار العملى الذى
 حصلت عليها .
- ٣ - لماذا يعتبر الجبس من الشك غير مرغوب فيه للأعمال الانشائية ؟
- ٤ - ارسم تخطيطيا جهاز فيكات المستخدم فى اجراء اختبار تمهين زمن الشك
 للجبس الصناعى .
- ٥ - ما هى الاشتراطات التى تنص عليها المواصفات القياسية المصرية
 (١٠٠ ق ٠ ١٨٨) للجبس الصناعى الخاصة بزمن الشك للجبس
 العادى (الجبس الهندى) ، جبس البهاض (جبس الجبس)
 وجبس التشكيل ؟
- ٦ - ما هى المواد التى تضاف الى الجبس للتحكم فى زمن الشك ؟
- ٧ - هل يصلح الجبس بعد حدوث الشك به لأعمال البهاض والأعمال الانشائية ؟

(١) اختبار معايير كمر الانحناء للجبس

Determination of Modulus
of rupture of gypsum.

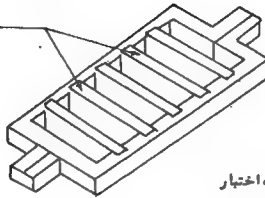
الغرض من الاختبار :

هو تحديد مقاومة الجبس في الانحناء وذلك بحساب معايير كمر الانحناء .

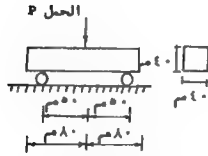
خطوات الاختبار :

- ١ - يؤخذ ١٧٠٠ جم من الجبس المواد اختبار ويضاف إليها كمية الماء حسب النسبة القياسية السابق تحديدها في اختبار رقم (٢) لتحضير عجينة قياسية من الجبس ويخلط الجبس مع الماء لمدة ٣ دقائق .
- ٢ - تصب عجينة الجبس في قوالب سبق تنقيتها بأبعاد كل منها من الداخل :
 $160 \times 40 \times 40$ سم بعد تمام شك العجينة ترفع القوالب وتحفظ ضد درجة حرارة حوالي 25° م وطولها نسبية لا تقل عن ٥٠ % .
- ٣ - تختبر المعينات العالقة تجهيزها بعد مضي ٢٤ ساعة ، بعد مضي ٧ أيام من صبها في ما كينة اختبار الانحناء .
- ٤ - يحدد حل الكسر .

نواصل متحركة



قوالب عينات اختبار
للجبس الصناعي



عينة اختبار الانحناء

النتائج :

$$\frac{P_L}{4} \times \frac{d/2}{bd/12} = \frac{3}{2} \times \frac{P_L}{bd^3} = \text{معيار الكسر في الانحناء}$$

حيث P = حمل الكسر بالكيلوجرام

L = المسافة بين نقط الارتكاز بالمليمتر .

b = عرض القطاع = ٤٠ مم .

d = ارتفاع القطاع = ٤٠ مم .

المناقشة : Discussion

- ١ - ما هو الهدف من إجراء اختبار الانحناء للجبس ؟
- ٢ - اشرح كيف تحضر عينات اختبار الجبس في الانحناء (قوالب الاختبار)
- ٣ - اشرح طريقة اختبار الانحناء للجبس وأذكر النتائج المعملية لحمل الكسر لقوالب الاختبار بعد ٢٤ ساعة و ٧ أيام من صب القوالب .
- ٤ - بين كيف يمين معيار الكسر Modulus of rupture من بيانات اختبار الانحناء للجبس ؟ ثم احسب معيار الكسر للقوالب حسب المختبر بالمعمل .

٥ - ما هي الاعتراضات التي تنشأ عنها المواصفات القياسية للصيغ

(م ٠ ق ٠ م ١٨٨٠) للجبس الصناعي الخاصة بمعيار الكسر للانحناء

للجبس العادي و جبس اليمين و جبس التشكيل ٢٠

٦ - ما هو تأثير زيادة الماء اللازم لتشكيل الجبس في مدى مقاومته لأحوال

الانحناء ؟ اشرح لماذا ؟

مواصفات الجبس المناعى

الجبس	جبس مستادى	جبس المسموم	جبس التآكل
المسحوق	جبس مناعى بالكمية الواحدة يكون رطاباً أو هويلاً عليها أو ماعلاً الذى الصلابة	جبس مناعى بالكمية الواحدة يكون أى من الصلابة	جبس مناعى بالكمية الواحدة يكون أى من الصلابة
هريجة المسحوق	جبس مناعى من البطل القياسى ٥٠ ر١ م ولا يعنى على البطل القياسى ٥٠ ر١ م أكثر من ٢٠ %	جبس مناعى من البطل القياسى ٥٠ ر١ م ولا يعنى على البطل القياسى ٥٠ ر١ م أكثر من ٢٠ %	جبس مناعى من البطل القياسى ٥٠ ر١ م ولا يعنى على البطل القياسى ٥٠ ر١ م أكثر من ٢٠ %

طابع / جدول مؤلفات الجسم المصاب

نوع العنصر	١ - تبييض العنك لا يقل عن ١٥ دقيقة ٢ - صبح العنك لا يقل عن ٥ ولا تزيد على ٨ دقائق	٢٤ ساعة لا يقل عن ١٥ كجم / سم ٢ ٢٠ كجم / سم ٢	لا تقل عن ١٠٪ بالوزن لا تزيد على ٢٠٪ بالوزن لا تقل عن ٢٠٪ وتزيد على ٩٠٪ بالوزن (تبييض وكاسيد جديد والبيوتيم) لا تزيد على ٢٠٪)	نسبة كبريتات الكالسيوم نسبة كبريتات الصوديوم نسبة الماء المتبقي
لا يقل عن ١٥ دقيقة تزيد على ٤٠ دقيقة	١ - تبييض العنك لا يقل عن ١٥ دقيقة ٢ - يبلل العنك لا يقل عن ساعة	٢٤ ساعة لا يقل عن ١٥ كجم / سم ٢ ٢٠ كجم / سم ٢ ٢٠ كجم / سم ٢	لا تقل عن ٨٠٪ بالوزن لا تزيد على ١٠٪ بالوزن لا تقل عن ٤٪ ولا تزيد على ١٠٪ بالوزن (البيوتيم والبيوتيم) البيوتيم لا تزيد على ٥ ٪)	لا تقل عن ١٠٪ بالوزن لا تزيد على ١٠٪ بالوزن لا تقل عن ٥٪ ولا تزيد على ٩٠٪ بالوزن لا تزيد على ٢٠٪ بالوزن

الطوب

Bricks

الطوب هو القوالب ذات الأبعاد ٢٥ × ١٢ × ٦ سم أو ٢٢ × ١١ × ٦ سم يستعمل لعمل حوائط لتقسيم البنى الى حجرات وبعض أنواع الطوب ذات التشكيل النهائي الجهد تستعمل في عل واجهات المباني وتتميز بمنظر معماري جميل والطوب الأسفلتي الذي يتميز بمقاومة الاحتكاك يستعمل في رصف الأرصفة والجراجات .

والمواد الخام المستعملة في صناعة الطوب هي الطين يمكن استعمال طين تربة الأراضي الزراعية . والطبقات عبارة عن سليكات الألومينا المائية المحبة طسي ماء تحتوي على بعض الشوائب مثل أكسيد الحديد وأكسيد الكالسيوم وأكسيد الماغنسيوم والتلحيات وبعض المواد المفضية . ويجب أن يتوافر في الطين المستعمل خاصية اللدونة وسهولة التشغيل حتى يمكن تشكيل الطوب بسهولة في القوالب يدوية أو ميكانيكية . وتعطى هذه اللدونة للطين غير اللدن بإضافة الماء إليه أو خلطه مع نوع آخر من الطين للحصول على اللدونة المطلوبة . والمواد الطينية ذات اللدونة العالية والزائدة عن المطلوب يمكن أن يضاف إليها بعض المواد غير اللدنة مثل الرمل أو قشر الأرز أو الهاف لتقليل اللدونة وتنظيم عملية التجفيف وتقليل انكماش الطوب في القوالب عند الجفاف في الهواء أو أثناء الصناعة يجب أن يكون هذا الانكماش أقل

ما يمكن • يمكن تقسيم الطوب الى ثلاثة أنواع كالآتى :

- ١ - الطين المطحى وهو الطين المترسب حديثا •
- ٢ - الحجر الطينى وهو الذى تعرض للضغط •
- ٣ - الحجر الطينى النارى وهو المستخرج من طبقات صلبة وله بعض الخصائص الحرائقية •

التحليل الكيمائى للطين الجيد الصالح للاستعمال فى صناعة الطوب :

يحتوى الطين الجيد والصالح للاستعمال فى صناعة الطوب على التركيب

الكيمائى الآتى :

١ - سليكا	س أ	٤٠ - ٦٠ %
٢ - الوميا	لر ب	١٠ - ٢٥ %
٣ - أكسيد الحديد	ج د	٤ - ٨ %
٤ - الجير	هـ	١ - ١٥ %
٥ - الباغسيوم	و ز	٤ - ٨ %
٦ - القلويات	ح ا	١ - ٤ %
٧ - ماء	ي	٢ - ٤
٨ - ثانى اكسيد الكربون	ك	٢
٩ - ثالث اكسيد الكبريت	كب	٣

وتكون حوالى ٢٠ %
من الطين وتعمل
كمناصر مساعدة
للاصهار
وهي موجودة بنسبة
تقليلة جدا

والملوكا توجد في الطين أما المتحدة مع الألوينا أو على هيئة رمل وهي
تحتاج لدرجة حرارة عالية لصهرها بخلاف مكونات الطين الأخرى وزيادة كمية
الملوكا في الطين تجعل الطوب الناتج صلب وتقلل الانكماش وخاصة أثناء الحرق
وتزيد خواص الحرارية للطوب •

والجير يعمل كمادة تساعد على الانصهار وزيادة كمية الطوب تسبب
الانصهار المتزايد للطين ما يضر بالطوب • وإذا تواجد في الطين على هيئة
كميات كالمهيم يجب أن يكون موزنًا متطابقًا حتى لا يتسبب في تفتت الطوبة
بعد صناعها نتيجة زيادة حجم الجير النقي الناتج من تسخين الطوب في الأفران
أثناء الصناعة مع الماء الذي قد يمتصه الطوب بعد الصناعة وأثناء الانقضاء • وإذا تواجد
على هيئة كميات كالمهيم فإنه يسبب تسليخ الطوبة عند الاستعمال •

والمغنسيوم يعمل أيضًا كمساعد على الانصهار يساعد على إعطاء الطوبة
اللون الفاتح ولكنه يسبب تزهير الطوبة عند الاستعمال •

وأكسيد الحديد يساعد على تقليل درجة الانصهار ويسبب سهولة الطين إذا
كانت كمية الملوكا قليلة وهو الذي يعطي الطوب اللون الأحمر •

والقلويات تعمل كمادة مساعدة على انصهار الطين •

والماء الحر إذا وجد بكمية كبيرة يسبب انكماش ملحوظ للطين عند الجفاف
بالهواء قبل تسخين القوالب في الأفران أما الماء المتحد مع الطين فيسبب انكماش
الطوب أثناء حرق القوالب •

والمواد الكربونية إذا تواجدت على هيئة كربون أو مواد هيدروكربونية تعطى اللسرين الأسود لقلب الطهية إذا لم يمكن التخلص منها •
والكبريت يعطى للطهية المصنعة تركيب المنجى وإذا تواجد على هيئة كبريتات يجب تلميح الطهية عند الاستعمال •

طريقة صناعة الصوب :

=====

تمر صناعة الطوب من الطين بالخطوات الآتية :

- ١ - تؤخذ المواد الطينية من الأنهار أو الترع أو بالحفر من التربة الزراعية أو بتجهيز الحجر الطيني من محاجر خاصة يزال من الطين الحصى والحجار العالقة به ثم يخلط الطين جيدا لجملة متجانسا وخاصة لو كان يحوى على أكثر من نوع واحد وذلك حتى تكون الطهية الواحدة ذات خواص متجانسة ولا تكون معرضة لحدوث هزون بها يتم الخلط أحيانا بواسطة أزرع وسكاكين للقلب والتقطيع يجب إعطاء الطين أثناء الخلط اللدونة المطلوبة بإضافة الماء اللازم لذلك (وتسمى هذه العملية بعملية التخسير) إذا كان الطين غير لدن أو بإضافة مواد غير لدنة مثل الرمل أو غفر الارز أو الهاف الكتان لاهائه اللدونة المطلوبة وتقليل انكماش الطوب أثناء الصناعة •
- ٢ - يتم تشكيل الطين في قوالب خفية لتعطي مقاسات الطهية المطلوبة بمسند

هل نسبة الانكماش اللازمة أثناء التجفيف والحقن يكون هذا التشكيل أما يدورها
أو ميكانيكياً بواسطة ماكينات اتوماتيكية أو بطريقة السحب من ماكينات مع استعمال
الضغط .

في حالة الطين اللين الذي يحتوي على ٢٠ - ٣٠ ٪ ماء يوضع في
القالب ويتم التشكيل بالضغط الخفيف . ولتحقيق التماس الطين بجوانب القالب يد من
القالب من الداخل باليد أو باليد باليد بالماء ثم يوضع الطين ويضغط عليه ويحسب
الطوب الناتج والمشكل بهذه الطريقة طوب غرب المسفرة .

في حالة الطين الصلب الذي يحتوي على ١٠ - ١٥ ٪ ماء يتم تشكيل
الطوب بضغط الطين بمكانة التشكيل ميكانيكياً لمخرج من فتحة لها مقاس الطوب
وتقطع الطوب باستخدام السلك يمكن عمل ذلك لجملة من قوالب الطوب في وقت
واحد يسمى الطوب الناتج والمشكل بهذه الطريقة طوب قطع المسلك .

أما الطين الجاف الذي يحتوي على ٥ - ٧ ٪ ماء يكون الطين غير اللين
يتم تشكيل القوالب ميكانيكياً يوضع الطين في القوالب ذات الشكل المطلوب والضغط
بماكينات خاصة بأجهاد تتراوح قوتها بين ٤٠ - ١١٠ كجم / سم^٢ .

٣ - يتم تجفيف قوالب الطين (الطوب الأخضر) بعد تشكيلها إما طبيعياً
بوضعها في الهواء الطلق أو صنعاً بوضعها في حجرات خاصة يبردها
تأثر من الهواء يمكن التحكم في درجة حرارته أو باستخدام البسكو

الساخن من صادم أفران الحريق وذلك للمساعدة في إجراء التجفيف والفرض من التجفيف هو تقليل الماء الموجود بقالب الطين حتى يقلل الوقت والوقود اللازمين لعملية الحريق وذلك يعطى قسوة للطهية الخضراء حتى يمكن وضع قوالب الطسوب فوق بعض في فرن الحريق وتأخذ عملية التجفيف حوالي ثلاثة أيام .

٤ - بعد تجفيف قوالب الطين يتم حرق القوالب في قنائن أو أفران خاصة وهى أما ذات انتاج مستمر أو غير مستمر وترص القوالب في الفرن بحيث يسمح للهواء الساخن بمرور بسهولة بين القوالب ليرفع درجة الحرارة بانتظام وتستغرق عملية الحرق حوالي ٣ - ٤ أيام وعندما ترتفع درجة حرارة القوالب الى ٣٠٠° ف يتم تبخير الماء الحر الذى لم يزال بالتجفيف في الخطوة السابقة . وعندما تصل درجة حرارة المسقوالب ٨٠٠ - ١٢٠٠° ف يتم ازالة الماء المتحد كميائها مع الطين . وأثناء ازالة الماء المتحد مع الطين تبدأ عملية التأكسد واحتراق كل المواد القابلة للاحتراق ويتم عملية التأكسد عند درجة حرارة ٤٠٠ - ١٢٠٠° ف . وعندما تزداد درجة الحرارة بعد فترة التأكسد يحدث تزعج (انصهار) للطين باحدى الطائفتين الاتسيتين :-

١ - انصهار تام : يحدث هذا الانصهار عند درجة حرارة تتراوح بين ١٥٠٠ - ٢١٠٠° ف يتم انصهار التجهيزات مع بعضها ولا تسبب هذه الحرارة اتحاد الجزيئات مع بعضها تسلياً ولا تسد الفراغات

الموجودة بالطوب •

ب - ترجيح تام : عند درجة حرارة التزجج حوالى ١٢٥٠° م يحدث أنصهار تام لكل الحبيبات وعند الحبيبات الفراغات وتجعل الطوب غير منفذ للماء محرق لهذه الدرجة طوب الرصف •

٥ - بعد الحرق يتم تبريد الطوب تدريجيا حتى لا يحدث شروخ وتشققات على سطح قوالب الطوب وتستغرق عملية التبريد فترة تتراوح بين ٢ - ٣ أيام •

أنواع حصى الطوب

هى عبارة عن حجرة مبطنة بالطوب الحرارى وهى اما افران مستمرة أو افران غير مستمرة • والافران الغير مستمرة غير اقتصادية وتستهلك كمية وقود كبيرة وتعمل فيها انواع الوقود غير الجيدة مثل البسوس وخرق الشجر وحطب القطن ولا تحتاج لوقود اموال كبيرة لبنائها ونتاجها متقطع • أما الافران المستمرة فتستهلك كمية وقود أقل وتعطى انتاج مستمر بعضها مجهزة بمنطقة حق متحركة مثل قهنة هوفمان •

أنواع الطوب المصنوع من الطين :

أ - الطوب الاحمر المادى :

يتمعمل هذا الطوب فى أعمال البناء يشمل طوب ضرب السفرة .

وطوب قطع السلك والطوب المضغوط يغطى هذا الطوب بعد استعماله
فى الحوايط بطبقة من مونة الرمل والأسنت ثم تغطى هذه الطبقة بالبياض ويجب
أن يكون الطوب غالبا من التشققات والأحجار الصغيرة من الجير يجب أن يكسبون
الطوة متجانمة ولها رتين عند الضغط عليها وذات شكل منتظم وزواياها وجوانبها
وأبعادها مضبوطة • يقسم الطوب الملىد المحرق الى درجتين أما الطوب قطع
السلك والطوب المضغوط فيمكن تقسيمه الى ثلاث درجات • والجدول الاتى يبين
المقاومة للضغط والنسبة المثبة للاختصاص لكل نوع :

طوب ضرب السفرة		طوب قطع السلك والطوب المضغوط			
درجة أولى	درجة ثانية	درجة أولى	درجة ثانية	درجة ثالثة	
$60 <$	$35 <$	$400 <$	$200 <$	$100 <$	مقاومة الضغط (كجم / سم ^٢)
$22 >$	$16 >$	$20 >$	$23 >$		النسبة المثبة للاختصاص

٢ - الطوب الأحمر الفسرخ :

يصنع هذا الطوب بطريقة طوب ضرب الصخرة وقطع السلك وهو أكبر حجماً من الطوب الأحمر العادي ويستعمل لملأ الفراغات فقط وهو يتميز بخفة وزنه وحسن دونه للحرارة والصوت ولذلك يفضل في عمل الحوائط الداخلية وقاوتيه للضغط لا تقل عن ٣٥ كجم / سم^٢ وهو يساعد على تقليل كميات الخرسانة المستعملة في عمل الهيكل الخرساني المنشأ لخفة وزنه مما يساعد على الاقتصاد في تكاليف المنشأ .

٣ - طوب تكسية الواجهات :

يصنع هذا الطوب عادة من طينات نارية ويستعمل في الواجهات الخارجية للمباني لاهطاء شكل معماري جميل وله مقاومة عالية للعوامل الجوية ولا يغطى هذا الطوب بالدهان وأحياناً يضاف إليه ألوان لاهطاء اللون المطلوب مثل الأحمر أو الأصفر أو الرمادي يجب أن تكون مقاساته منتظمة . وقسوة تحمله للضغط تتراوح بين ١٥٠ - ١٨٠ كجم / سم^٢ والنسبة المثلى لامتصاص الماء تتراوح بين ١٢ - ١٨ % وهو غالي الثمن .

٤ - الطوب المحرق لدرجة التزجج :

يسمى أحياناً بالطوب الهندسي أو المضغوط أو طوب الرصف

ودرجة حرارة حرق طالة (١٢٥٠ °م) وهو صلد وذو مقاومة ضغط طالية ولـه مقاومة طالية للاحتكاك وهو يستعمل فى الرصف وخاصة الكبارى .

• - الطوب المزجج السطح :

يصنع هذا الطوب من الطين النارى لتهصل درجة حرارة الحرق اللازمة لاحداث تزجج بالسطح باحدى الطريقتين الاتيتين :

أ - التزجج بالأملاح :

عندما يتم حرق الطوب تقريبا يدخل الى الفرن الأملاح فتتبخر الأملاح وتترسب الصوديوم الموجود بها على سطح الطوب مكونا سلكات الصوديوم وهى تعطى غطاء زجاجى للطوبة وتعطيها خاصية عدم نفاذ الماء .

ب - التزجج بالكاسيد الرصاص :

وتستعمل هذه الطريقة للطين النارى غير الجيد والذي يحتاج لدرجة حرارة أقل من التزجج بالأملاح . وفى هذه الطريقة يتم غمر الطوب المحرق فى محلول معلق به أكسيد الرصاص والزليل يعمش المواد الأخرى ثم يصير حرق الطوبة ثانية فيصير أكسيد الرصاص والزليل ممسا ويكونا طبقة زجاجية رفيقة على سطح الطوبة تعطىها خاصية عدم نفاذ الماء .

٦ - الطوب الحارارى :

يصنع هذا الطوب من الطين النارى ولذلك فهو يقام درجات الحرارة العالية والاحتكاك والتأثيرات الكيميائية المختلفة يستعمل فى تهيئ الأفران المستعملة فى صناعة الحديد والصلب والصناعات غير الحديدية مثل النحاس والزنك والرصاص وفى صناعة الأسمنت والجير والزجاج . ويمكن تقسيم الطوب الحارارى بالنسبة لطبيعة التفاعلات الحرارية والكيميائية الى ما يأتى :

١ - الطوب الحارارى الحامضى : (الطوب الحارارى النجيزى)

وهذا الطوب يقام تأثير الحرارة حتى ١٢٠٠ - ١٨٠٠ °م

ويصنع من هذا الطوب الأنواع الاتية :

- طوب السليكا ويحتوى على أكسيد سليكون لا يقل عن ٩٢ ٪ .
- طوب $\frac{1}{3}$ سليكا ويحتوى على أكسيد سليكون بين ٧٨ - ٩٢ ٪ .
- طوب طينى نارى عادى ويحتوى على نسبة أكسيد ألومينا حوالى ٣٨ ٪ .
- طوب طينى نارى الوينى ويحتوى على أكسيد ألومينا بين ٤٥ - ٦٥ ٪ .
- طوب الوينى ويحتوى على أكسيد ألومينا لا يقل عن ٨٥ ٪ .

ب - الطوب الحارارى القاعدى :

يصنع هذا الطوب من المجزئ (كربونات الكالسيوم النقية) أو من

الدولوميت (كبريتات الكالسيوم وكبريتات الماغنسيوم) وهو يقاوم تأثير الخث القاهى .

ج - الطسوب الحرارى المتبادل :

يصنع هذا الطوب من أكسيد الحديد والكروم حيث يطحن الخام ويخلط مع الطين النارى أو الماغسيوم وهو يقاوم تأثير الخث القاهى والحامضى وأحيانا يطلق عليه الطوب الحرارى الكرومى والخواص الحرارية لهذا الطوب أقل من الطوب المنجيزى وأضعف منه فى مقاومة الضغط .

الطسوب من مواد أخرى غير الطين :

أ - الطوب الرملى الجبرى : يصنع هذا الطوب بخلط الرمل (رمل نام يمسر جميعه من منخل ٢٠ يمر ٢٥% منه من منخل ١٠٠) مع الجبر فى خلاطات ميكانيكية يجب طوى الجبر الحى قبل خلطه بالرمل ونسبة الجبر الحى المستخدم تتراوح بين ٥ - ١٠% من الخلطة . يصب الخليط فى القوالب ذات المقامات المطلوبة يمر داخل اسطوانات التصلب ثم يرد اخلها لضغط بخار حوالى ١٠ كجم / سم^٢ لمدة ٦ - ١٠ ساعات وتحت ضغط الطوب الرملى للجبر تتراوح بين ١٨٠ - ٢٥٠ كجم / سم^٢ وامتصاصه للماء > ١٨% .

ب - طسوب الخث : يصنع هذا الطوب بخلط الخث مع الجبر بنفس طريقة

الطوب الرملى الجبرى وله ثمانية طالسة .

ج - الطوب الخرساني : يمنع بخلط الرمل والاسمنت أو خلط الركام مسح
الاسمنت يعتبر الاسمنت هو المادة اللازمة للركام أو الرمل .

د - الطوب الاسفلتي : يمنع يتمخون كسر الاسفلت الناعم له رجمة
حرارة ١٠٠ °م ثم تبرد وتوضع في قوالب وتضغط تحت ضغط ٥٠٠ - ١٠٠ كجم /
سم ٢ يستخدم لأرضيات الكبارى .

خصائص الطوب الجيد :

يجب أن يكون الطوب متجانسا خاليا من التشققات يكون محروقا حرقا جيدا
وله متانة عالية ويقاوم تأثير العوامل الجوية وله مقاومة عالية للاحتكاك والضغط ودو -
أشكال وأبعاد منتظمة ومهبطية وجوانب سليمة وأن يكون له رزون عند الطرق طيسه
وأن يكون له انتصاص مناسب للماء .

الاختبارات الطبيعية والكيميائية لطوب البناء

(١٩٦٥ / ١١٩٠ ق. ٥٠٠)

Physical tests on building
bricks.

تحضير المعينات وقياس الأبعاد :

تؤخذ المعينات من أماكن مختلفة من شحنة الطوب بحيث تمثل الطوب تشغيلا حقيقيا وترص عشرة طويات بجوار بعضها على سطح مستوي وتُقاس أبعادها وتقسّم مجموع أبعاد العشرة طويات على ١٠ لتحديد متوسط أبعاد الطوبة الواحدة ويتبع هذا بالنسبة لقياس طول وعرض وممك الطوبة .

(١) اختبار الامتصاص والسامية الظاهرية للطوب
Absorption test and apparent
porosity for bricks.

المستلزمات للاختبار :

تحديد النسبة المئوية لامتصاص الطوب للماء وحساب السامية الظاهرية
وحساب معامل التفتح لهذا الطوب .

الأجهزة المستعملة :

- | | |
|----------------|--------------|
| ١ - فرن تجفيف | ٢ - حوض بماء |
| ٢ - ميزان حساس | ٤ - لمصباح |

خطوات الاختبار :

يجرى اختبار الامتصاص والسامية الظاهرية على خمس طهات كاملة على الأقل
يستخدم لذلك ميزان مناسب وذلك كالآتى :

- ١ - تجفف عينات الاختبار حتى يثبت وزنها فى فرن تجفيف به تهوية درجة حرارته
من ١١٠ الى ١١٥ درجة مئوية وتترك لتبرد لمدة ساعة على الاكثر بعد
وزنها وهى جافة ثم تغمر فى ماء نقي درجة حرارته من ١٥ الى
٣٠ درجة مئوية لمدة ٢٤ ساعة .

- ٢ - ترفع كل عينة وصبغ الماء المالح بمطوحها بقطعة من القماش منادى بالماء

- ٢٤٧ -

من ١٥ - ٣٠ درجة مئوية بعد الغليان مدة خمس دقائق .

• • النسبة المئوية للاحتصاص بعد غمر الطوب في الماء لمدة ٢٤ ساعة

$$= \frac{ب - أ}{أ} \times ١٠٠$$

النسبة المئوية للاحتصاص بالوزن بعد الغليان في الماء لمدة خمس دقائق

$$= \frac{ج - د}{ج - د} \times ١٠٠$$

$$النسبة المئوية للمعالجة الظاهرية = \frac{ج - د}{ج - د} \times ١٠٠$$

$$معامل التصبغ = \frac{ب - أ}{ج - د}$$

ملحوظة :

يذكر في التقرير نتيجة كل طوبة على حدة وتوسط الخمس طوبسات .

» »

»

(٢) اختبار الانكماش عند الجفاف
Determination of drying shrinkage
of bricks.

الغرض من الاختبار :

تحديد النبة المئوية للانكماش في الطوب بعد الجفاف ويجرى هذا الاختبار على خمس طوابع ويؤخذ المتوسط • وقصد بالانكماش بالجفاف التغير في الأبعاد الطولية الذي يحدث في الطوبة المحروقة نتيجة تغير نسبة ما تحتويه من الرطوبة •

الأجهزة المستعملة :

- ١ - قسطن تجفيف •
- ٢ - جهاز قياس التغير في الطول (نفس الجهاز المستعمل في اختبار الانكماش للأعجار والمابق شرحه) •
- ٣ - مجموعة أوزان •

خطوات الاختبار :

- ١ - لتمييز التغير في الأبعاد الطولية نتيجة الانكماش عند الجفاف يجرى الاختبار على خمس طوابع كاملة • وعمل بالقرب من منتصف نهايتي كل طوبة ثقبان

عمق كل منهما حوالي ٣ سم وثبت في كل ثقب كرة من الصلب قطرها حوالي ١٥ سم بحيث يبرز نصف سطحها وذلك باستخدام هجينة من الأسمنت البورتلاند و
تترك في جو رطب يوما واحدا حتى يتصلد الأسمنت .

٢ - تغمر المعينات غمرًا تامًا في الماء لمدة ٤ أيام . وقبل رفعها من الماء
بأربع ساعات يجب أن تثبت حرارة الماء عند درجة حرارة $20^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{ م}$
يقاس البعد بين كرتي الصلب لكل طوبة . يعتبر هذا البعد طول الطوبة
وهي مبللة . يجب طلاء سطح الكرات الصلب بالفحم قبل غمرها في الماء
مباشرة لتجنب الصدأ .

٣ - تجفف المعينات في فرن جيد التهوية درجة حرارته $110^{\circ} \text{ م} + 5^{\circ} \text{ م}$
ويلاحظ عدم ادخال عينات رطبة في فرن به عينات جافة جفافًا كليًا
أو جزئيًا . بعد ٢٤ ساعة تترك المعينات لتبرد في مجفف كلوريد الكالسيوم
لمدة ١٦ ساعة ثم يقاس الطول مرة ثانية . بعد التجفيف والتبريد والقياس
بنفس الشروط السابقة حتى يمكن الحصول على مقاسين متعاقبين لا ينفسد
الفرق بينهما على 0.1° م . يؤخذ القياس النهائي على أنه طول الطوبة
في حالة الجفاف والفرق في الطول في حالتَي البلل والجفاف ههنا على
صورة نسبة مئوية من الطول الجاف هو الانكماش الناقص عن الجفاف .

النتائج :

النسبة المئوية للانكماش بعد الجفاف =

$$\frac{\text{الطول الرطب} - \text{الطول الجاف}}{\text{الطول الجاف}} \times 100$$

(٢) اختبار مقاومة الضغط للطوب

Determination of compressive
strength of bricks.

المسرف من الاختبار :

تحديد مقاومة الضغط للطوب يجرى الاختبار على خمس طوباء يؤخذ المتوسط.

معدات الاختبار :

- ١ - يستخدم في اختبار تحديد المقاومة للانضغاط ٥ طوباء تؤخذ خمسة
اتفق ويحتمر سطحاً الطوبة الأتقان عند بنائها في الطائط سطح التحميل
وتحسب الأبعاد الأتفة لكل سطح من أسطح التحميل الى أقرب ملليمتر
وتؤخذ المساحة الصغرى لأحد السطحين في حساب مقاومة الانضغاط.

تجهيز عينات الاختبار :

١ - طوب مصمت بدون فجوات :

يغمر الطوب المصمت الخالى من الفجوات في ماء درجة حرارته من ١٥°م الى
٣٠°م لمدة ٣ أيام قبل اجراء الاختبار عليه .

ب - طوب ذوفجوات (أى طربسطح الطوبة)

يغمر الطوب ذو الفجوات فى ماء درجة حرارته من ١٥°م الى ٣٠°م لمدة ٢٤ ساعة ثم يرفع من الماء ويترك ليصفى فى درجة حرارة الغرفة لمدة ٥ دقائق ثم يمح الماء المالح بقطعة من القماش عنداء بالماء وتتلأ الفجوات بمونة مكونة بنسبة جزء من الأسمنت وجزء من الراسمل الملبسى القياسى (يمر من منخل قياسى سعة فتحة ٥ ر٢ سم) ثم تسوى المونة بسطح الطوبة بجهز من كل خلطة مونة ٣ مكعبات على الأقل طول ضلع كل منها ٦ر٧ سم (مساحة المطح ٥٠ سم ٢) بنفس الشروط المتبعة فى الطوب .

تخزن هبات الطوب ذو الفجوة الواحدة مغطاه بالخيش الرطب لمدة ٢٤ ساعة بعد ملء فجوتها ثم تغفر فى الماء لحين الاختبار اما الطوب ذو فجوتين أو أكثر فتتلأ فجواته على مرحلتين يمين كل منهما فترة لا تقل عن ٥ ساعات ولا تزيد على ٢٤ ساعة من بدء المرحلة الأولى ثم يحفظ الطوب مغطى بالخيش الرطب لمدة ٢٤ ساعة بعد بدء المرحلة ثم يغمر فى الماء لحين إجراء الاختبار عليه .

يعتبر الطوب ذو الفجوات صالح للاختبار بمجرد أن يثبت من اختبار مكعبات المونة أن مقاومتها للانضغاط لا تقل عن ٥٠ كجم / سم ٢

ولا تنهد على ٤٠٠ كجم / سم ٢ يمكن استعمال مكعبات فردية لبيان ازدياد قوة
المونة اما الاختبار النهائي فيجب أن يجرى على ٣ مكعبات من كل خلطة من المونة
وتكون قوة المونة هي متوسط المكعبات الثلاث *

خطوات الاختبار :

بعد تجهيز المعينات حسب الاشتراطات المبينة بوضع الطوب بين لوحين
من الخشب ذي الثلاث رقات (ابلالاج) سمك حوالي ٣ سم يستخدم لذلك مكبسة
انضغاط قهاسمة ميكانيكية أو هيدروليكية بفرط ان تركز أحد لوحى الضغط على قاعد
مصنعة لضمان احداث ضغط محصورى بمعدل منتظم قدرة ٣٥ كجم / سم ٢ نفسى
فى الدقيقة الواحدة حتى يحدث الكسر *

النتائج :

$$\text{مقاومة الطوبة للضغط} = \frac{\text{الحمل الأقصى (كجم)}}{\text{مساحة الطوبة (سم ٢)}} \times \frac{\text{كجم}}{\text{سم ٢}}$$

يكون المتوسط الحسابى لمقاومة الانضغاط فى الخرسانة موضوع الاختبار
هو مقاومة المعينة للانضغاط على أن تحسب النتائج بالكيلو جرام على الصنهر
المرسح *

*

*

*

(٤) اختبار التزهير للطوب

Determination of efflorescence
of bricks

النموس من الاختبار :

تحديد نسبة الأملاح الموجودة بالطوب وذلك بتحديد مدى ظهور الأملاح
المدنية (جيرة ظاهرا) على سطح الطوب بعد تعريضه للماء ثم تجفيفه
وتسمى هذه الظاهرة بالتزهير . ويجرى الاختبار على ٥ طبات هوخذ المتوسط

خطوات الاختبار :

- ١ - توضع كل طبة على جانبها في حوض مسطح مناسب قليل العمق به ٣٠٠ سم^٣
من الماء المقطر في حجرة درجة حرارتها من ١٨ - ٣٠ °م لمدة التجهيز .
- ٢ - إذا امتلأ الماء جميعه في خلال ٢٤ ساعة يضاف ١٥٠ سم^٣ من الماء
المقطر وعندما يمتلأ الماء جميعه وتظهر الطية كأنها جافة تضاف كمية أخرى
مماثلة من الماء في الحوض وسمح بفترة أخرى من التجفيف .
- ٣ - اختيار الطية لتحديد درجة التزهير وصف التزهير بدرجاته الاتية :
تزهير معدوم : إذا لم يشاهد تزهير مطلقا .
تزهير خفيف : إذا لوحظت رواسب بلورية خفيفة لا تزيد على ١٠٪ من

• مساحة الطهية

تزهير متوسط : اذا شوهدت رواسب ملحة أكثر من الدرجة السابقة (غثيف)
ولا تزيد على ٥٠ % من مساحة الطوية على ألا يصحب ذلك تفتت
أو تقشير في المسطح .

تزهير ثقيل : اذا غطت الرواسب الطمحة ٥٠ % أو أكثر من سطح الطهية
دون أن يصحب ذلك تفتت أو تقشير للمسطح .

تزهير ثقيل جدا : اذا تروى الدلح بكثرة على سطح الطهية وصحب ذلك تفتت أو
تقشير للمسطح أو كلاهما مع ميل للزيادة كلما تكرر بلل المينسة
بالسواء .

الباب الخامس

الاخشاب

تعتبر الاخشاب من اقدم المواد المستخدمة في اعمال الهانى ولا زالت تستخدم على نطاق واسع في الاعمال الانشائية والصناعية لها من مزايا يمكن تلخيصها في الاتي :-

مزايا الاخشاب :

- ١ - يمكن الحصول على الاخشاب من المصادر الطبيعية لها : وهي الغابات بسهولة حيث ان هذه الغابات مستمرة مع الزمن والطبيعة .
- ٢ - سهولة تشغيل وتشكيل ودمج وتجميع الاخشاب .
- ٣ - لها خاصية العزل الحرارى والعزل الصوتى الجيد .
- ٤ - تتميز بخفة الوزن مع مقاومة مناسبة للاحلال .
- ٥ - تقوم المنشآت الخشبية بحملها بسطحها ولذا تكون السنين اذا تمت المحافظة عليها ويمكن رعايتها بالدق المناسب .

وعلى الرغم من هذه المزايا العديدة للاخشاب فهناك بعض عيوب

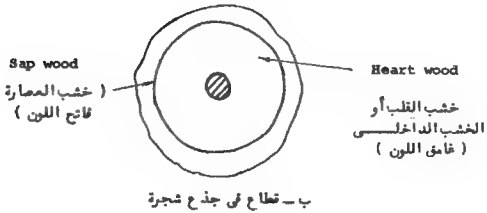
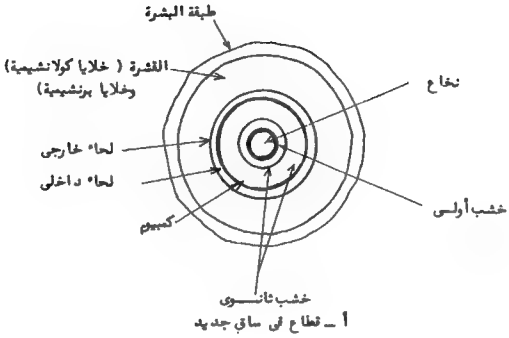
لها فإدانة انشائية يمكن تلخيصها في الاتي :-

مهبوب الأخشاب :

- ١ - القابلية للاحتراق
 - ٢ - التسوس والتآكل والتحلل بفعل البكتريا والحشرات وظروف تغير الرطوبة .
 - ٣ - التمدد والانكماش مع تغير الرطوبة الجافة .
- يجب التقليل من أثر هذه المهبوب وعلاجها كما سيأتى فيما بعد حتى تصبح الأخشاب مادة انشائية جيدة .

نسب الأقسام وتكوين الأخشاب :

- يتكون جسم النبات من ساق يحمل شجوات جانبيه والجذر وسنحاول هنا الحديث عن الساق - الصدر الرئيسى للخشب -
- فالشكل (١) يبين نطاق فى ساق حديث وهو يتكون من الخارج الى الداخل من الأجزاء الاتية :-
- ١ - طبقة البشرة
 - ٢ - طبقة القشرة .



outer bark	٣ - لحاء خارجي
inner bark	٤ - لحاء داخلي
٦ - خشب ثانوي	٥ - الكامبيوم
٨ - نخاع	٧ - خشب أولي

وينمو الساق نتيجة النمو وانقسام الخلايا في الاتجاه الطولي بالقسرب من نقط النمو القمي كما ينمو الساق في الاتجاه القطري نتيجة انقسام خلايا الكامبيوم الموجودة بين اللحاء والخشب يسبب النمو القطري إضافة حلقات تزيد من سمك الجذع بمعدل عدد هذه الحلقات من عمر الشجرة حيث أن الحلقة تتكون نفس مدة عام واحد ولذلك تسمى بالحلقات السنوية (Annual rings)

والقطاع (ب) يبين قطاع جذع شجرة ذو عمر طويل يتميز بوجود جزء داخلي داكن اللون يسمى خشب القلب (Heart wood) وهو خشب صلب يحيط به خشب المصارة (Sap wood) وهو فاتح اللون وتقلل الصلابة وموت الخلايا البرانشيمية في خشب المصارة هو الدليل الوحيد لتحولها إلى خشب قسلي .

المكونات الكيميائية الرئيسية للأخشاب :

.....

الخشب ليس مادة متجانسة فهناك تباين في نسب مكوناته من السيلولوز

واللجنين والمواد السكرية ، والجدول الاتي يبين اختلاف نسب المكونات الكيميائية

من خشب الى آخر حسب ظروف النمو والتكهن ونسب الخشب .

هذا وهناك تباين ايضا في النسب العامة للمكونات الكيميائية الموجودة

في الشجرة الواحدة من النخاع الى الخارج ومن أعلى الى أسفل .

نوع الخشب	السايلوز	اللجنين	المواد السكرية	الهكتين والشفا وغيره
الزان Fagus	٤٥	٢٢	٢٩	٤
الحور Populus	٤٨	٢١	٢٧	٤
الصنوبر Pinus	٤١	٢٩	٢٧	٣
التفاح الأحمر Acer	٤٥	٢٤	٢٩	٢
الشوح Abies	٤٢	٢٩	٢٧	٢
الثها Thija	٤١	٣١	٢٦	٢

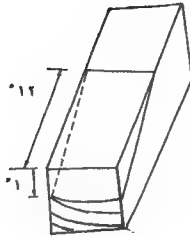
المعيوب الطبيعية ونشأتها بالأخشاب :

١ - خشب الشد وخشب الانضغاط Tension and compression wood.

هناك نوع غير طبيعي من الأخشاب نشأ نتيجة ظروف نمو غير طبيعية بالأشجار تسبب انحناء الأشجار ويسببها بعدة في اتجاه معين وينشأ عن ذلك تكون نمحج خشبي يكون معرض في الجزء الأعلى من الساق للشد ويسمى خشب الشد ويكون معرض في الجزء السفلي من الساق للضغط ويسمى خشب الانضغاط . واستعمال هذه الأخشاب في الصناعة غير مجزى فالألياف غير صالحة كالألياف الخام ولا الخشب يصلح لأن يستعمل في الأعمال الإنشائية وذلك نتيجة لسلوكه الشاذ نحو مؤثرات الرطوبة والانكماش والانبعاج كما أن تركيبه الخبير الطبيعي يخلق مشاكل لا حل لها عند تجفيفه وتحميله

٢ - الترتيب المتقاطع للألياف : Cross grain

قد يختلف ترتيب الألياف بأي منطقة من الخشب عن الترتيب الطبيعي بصورة أو أخرى بحيث يصبح اتجاه الألياف متقاطع مع محور الخلية فيوصف الخشب بأن أليافه ذات ترتيب متقاطع cross grain وهو صعب في الأخشاب حيث يترتب عليه انخفاض في مقاومة strength الخشب . وقد يكون هذا الترتيب للألياف ترتيب حلزوني (Spiral) أو



شكل يوضح ترتيب
الالياف العائل

مائل (Diagonal) أو متوج (Wavy) مائل

استبعاد هذه الأنحساب من الاستعمال في المنشآت •

يمكن علاج تأثير ترتيب الألياف العائل بالأخشاب بقطعها في اتجاه بحيث

• **يسير اتجاه القطع مع الألياف العائقة**

Ring Shecks ٣ - التفتت الحقة :

يظهر في بعض السهول انفصالات حلقة تمتد عليها خلال نمو الأضجار نتيجة

اجتهادات النمو المعديّة وقد تماحّب ظهور أخشاب الشد وهذه التفتّحات

الحلقة هي انبهارات بين الخلايا •

Radial sheaks

٤ - التشققات القطرية :

تصاحب أخشاب اللد في بعض الأحيان تشققات قطرية وهي شقوق في الاتجاه الطولي للجدع عمودية على الحلقات السنوية وتكون داخلية الكتلة الخشبية أما إذا كانت هذه الشقوق ظاهرة من الخارج فتسمى شقوق Split وهذه الشقوق تسبب ضعف الخشب في مقاومة القرص في اتجاه الألياف •

Knots

٥ - العقد الخشبية :

العقدة هي قاعدة فرع دفنت في بقية جسم ساق الشجرة حشلال نمو الفرع فان هناك نوعاً من الاستمرار في النمو حول الفرع المدفون بالساق ولكن مع مضي الوقت أو سقوط الفرع خلال عمليات النمو واستمرار النمو حول قاعدة الفرع في ساق الشجرة فتظهر هناك فجوة في النمو المستمر بالساق تمثلها هذه البقعة التي تمثلها قاعدة الفرع القديم وتنتج لهذا بوجود نوع من العقد في الرابط بين قاعدة الفرع الجديدة المدفونة بالساق وبين بقية النموذج الخشبي بالساق يتعاً عنه عقدة يتوقف حبسها على حجم الفسح • ووجود العقد يقلل من القيمة الاقتصادية للخشب • أما بالنسبة للأخشاب المستعملة في الأغراض الانشائية فوجود العقد بها يسبب صعوبة تشكيل وتشغيل الخشب

وفى سهولة تقشيرها وفى ضعف مقاومتها للأحمال كما أن وجود عقدة فى محسّر
(span) أى كمره خشبية يقلل بعدة من مقاومتها للأحمال والعقدة
ذات نفسها قوة مثبته مشبعة بالصمغ وقد تتفصل عن الخشب خلال عمليات
الانكماش أثناء التجفيف كما أن وجود المواد الصمغية بالعقد قد يجعل من الصعب
تغطيتها بالطلاء .

تجفيف الأخشاب :

يجب تجفيف الأخشاب بالهواء أو بالأفران لازالة الرطوبة العالمية
بالخشب فى محاولة لجعله فى رطوبة تائل تلك التى سيكون عليها عند
استخدامه فى البانى أو الصناعات العديدة لمنتجات الأخشاب وذلك لتلاقي
فقد الرطوبة منه والتالى الانكماشات المتغيرة والتى تحدث فى الأخشاب غير الجففة
عند استخدامها فيها بعد بدون تجفيف . كما ان تجفيف الأخشاب يساعد على
تحسين مقاومتها للأحمال وتحسين خواصها الميكانيكية ويزيد مقاومتها للتلف والقصد
هتم التجفيف بإحدى الطريقتين الآتيتين :

١ - التجفيف الطبيعى : Natural Seasoning

هتم التجفيف الطبيعى برص الألواح الرطبة مع ترك فواصل بسمين -
بعضها البعض تسمح بتخلل الهواء بسهولة خلالها ويكون ذلك تحت مظلة

في الهواء الطلق لمنع تأثير تركيز حرارة الشمس على مناطق معينة من الخشب
ومنع تأثير الأمطار والندى اللازمة لتجفيف الأخشاب تتوقف على مدى حرارة ورطوبة
الجو وقد يمكن الوصول الى رطوبة ٦٠ ٪ للخشب في مدة تتراوح بين ٤٠ الى ٩٠
يوما وقد تزيد عن ذلك في بعض الاحيان .

ب - التجفيف الصناعي بالانفران : Artificial Seasoning by
Kilndrying

ترص الألواح الخشبية داخل الفرن وهو يتكون من حجرة أو أكثر يدفع فيها
الهواء حول الأخشاب مع التحكم في درجة حرارة ورطوبة هذا الهواء النعيسة
اما يدويا او ميكانيكيا بواسطة ترموستات خاص يمتاز هذه الطريقة عن الطريقة
السابقة بسرعة التجفيف يمكن تقسيم انفران التجفيف الى نوعين : النوع الاول :
يسمى الفرن ذو المقصورة (Compartment) ويحتوي الفرن
بالأخشاب مرة واحدة ثم يفرغ بعد التجفيف . أما النوع الثاني : فيسمى
بالفرن المتتالي (Progressive) وحولة الفرن عبارة عن
مجموعة من الصناديق محملة بأخشاب تتحرك في اتجاه الباب الخلفي حيث تخرج
واحدة بعد أخرى وعلى هذا يكون بالفرن عدة شحلات مختلفة الرطوبة في نفس
الوقت وعادة تنزع آلات التجفيف بصورة مختلفة بحيث يكون هناك تركيزا كبيرا
للحرارة عند الباب الخلفي حيث تخرج الشحنة المجففة منها عن الباب الذي
يستقبل الشحنة الغضرا () حيث تكون درجة الحرارة أقل .
وتكون دورة الهواء في هذه الانفران اما طبيعية أو مدفوعة بواسطة مراوح قوية

تدفع الهواء للحركة داخل الفرن ويتم دفع درجة حرارة الهواء بواسطة ملفات (coils)
أما الهواء الساخن الرطب فيخرج من الفرن عن طريق فتحات للتهوية بأعلى الغرف .

ج - التجفيف المشترك طبيعيا وصناعيا :

في هذه الطريقة يتم تجفيف الخشب مدة معينة في الهواء يعقبها مدة أخرى
بالتجفيف الصناعي وهذه الطريقة تجمع مميزات الطريقتين السابقتين .

عيوب تجفيف الاخشاب :

١ - جهود التجفيف بالأخشاب : Drying stresses in wood

تتعرض الاخشاب خلال عملية التجفيف الى مجموعة معقدة من الجهود الداخلية
الناجمة من جفاف الطبقة الخارجية لقطعة الخشب قبل أن يجف قلب هذه القطعة
ثم انكماش الطبقة الخارجية نتيجة لجفافها ومقاومة القلب الرطب لقطعة الخشب لتسح
هذا الانكماش . وتتأثر هذه الجهود بدرجة كبيرة بالحرارة والرطوبة النسبية خلال التجفيف
فاذا لم يحدث للخشب عملية تكييف فان الخشب يظهر به انفعال دائم .

٢ - انكماش غير طبيعي مصحوب بتشويه في تركيب الجدران الخلوية ويحدث عند استعمال
درجة حرارة تجفيف عالية .

٣ - تشقق داخلي فطري : (Honeycombing)

كما هو مبين بالشكل نتيجة شد في اتجاه ماس للالياف .



٤ - تفتيحات سطحية : Surface checks

تحدث تفتيحات سطحية في الأخشاب نتيجة جفاف سطح الخشب
بسرعة نتيجة الانخفاض هديد في الرطوبة النسبية المحيطة به .

٥ - التفتيحات الطرفية : End checks

تحدث عند نهايات الألواح المنشورة ويمكن تلافيها بمعاملة نهايات
الألواح بد هانات من مواد سمعية تقلل الفقد في الرطوبة .

٦ - الانهيار الحلقى : Ring Failure

وهذا الانهيار يشابه التشقق الحلقى الذي يظهر في الأشجار القائمة
وقد يحدث داخليا نتيجة لجهود التجفيف .

٧ - تشقق القلب : Boxed heart

تظهر في فترات التجفيف الأولى وسببها الرئيسي في الانكماش
السامي والقطري .

٨ - الانهمساج : Warping

نتج انهماج الأخشاب أيضا نتيجة اختلاف الانكماش القطري والانكماش
السامي أيضا .

ولتلقى المبوب الناتجة من تجفيف الأخشاب تم عمل جداول لأقران التجفيف تقوم بتنظيم درجة حرارة التجفيف مع الزمن على أساس المحتوى الرطوبي للخشب بحيث لا تسمح بظهور مبوب التجفيف المعترض عليها وتستخدم بنجاح نفس الصناعات للأنواع المختلفة من الأخشاب .

الموامل المتلفة للأخشاب :

تتعرض الأخشاب عقب قطعها وأثناء استعمالها لعدة عوامل تؤدي إلى تلفها وتدميرها مثل الإصابة بالفطريات والإصابة بالحشرات والإصابة بالنظارات البحرية (Marine borers) ولعل المصيرى كما أن التآكل بالاحتكاك والعوامل الجوية تلعب دورا هاما في إتلاف الأخشاب وقد يشترك طمسان أو أكثر في إتلاف الخشب .

١ - الإصابة بالفطريات :

يمكن تقسيم الفطريات التي تصيب الأخشاب إلى ثلاثة مجاميع حسب نوع التلف التي تحدثه بالخشب وطبيعة نموها به كالآتى :

١ - المجموعة الحللة للأخشاب : Wood decay fungi

تقوم هذه المجموعة بتفكيك جدر الخلايا ثم تغير الصفات الطبيعية والكيميائية

للخشب خلال عملية التحلل (Decay) أو العطب (Rot)
ينمو الفطر داخل الخشب خلال فتحات يحدثها بين الخلايا وهو يحتاج لفساد
ورطوبة مناسبة وهواء وحرارة وتنقسم هذه المجموعة الى ٣ أقسام :

أ - العطب البنى للخشب : Brown rot fungi

يهاجم السليلوز أساسا وقد أثبت التحليل الكيميائى للأخشاب المعالجة
أن اللجنينبقى فيها بدون تغير يذكر . واللسون البنى للخشب ناتج من
زيادة نسبة اللجنين فى بقايا الخشب المعطب .

- العطب الأبيض للخشب : White rot fungi

يحلل العطب الأبيض اللجنين والمواد السكينة بالخشب يحدث بالخشب
جسما تعرف باسم (Pocket rots) تحوى على الخشب
التحلل ولقد ثبت أن هذه المناطق البيضاء اللون بها نسبة لجنين منخفضة للغاية
وتحوى سليلوز عالى .

- العطب الطرى : Soft rot

العطب الطرى يهاجم الأخشاب المغيرة فى الماء ويكون تأثيرها
سطحى والسطح الخارجى للخشب المعطب يكون هشا يمكن أن يتماطأ اذا -

كانت تهاجمات المياه حوله قهية وفي فترة الإصابة الأولية يكون هجوم القطر طمسي السليلوز بقللة جدا على اللجنين ومع تقدم الإصابة يحدث نقص قليل في اللجنين

ب - المجموعة الملونة للأخشاب : Wood Staining Fungi

تتغذى أنواعها على المنتجات العضوية سهلة الهضم في القراغات بين الخلايا حسب النوعين :

Ceratostomella sp. & *Graphium* sp.

تغير لون الخشب ولا تقلل الإصابة بهذه المجموعة من الخواص الميكانيكية للأخشاب
مابعدا الثانية •

ج - مجموعة العفن :

الأنواع التابعة لها تتغذى على المنتجات الغذائية سهلة الهضم داخل القراغات ويحصر تأثيرها على الخشب في تغير لونه سطحيا فقط
وتحتاج لحرارة ملائمة ورطوبة زائدة •

٢ - الإصابة بالحشرات :

تصيب الحشرات الأشجار القائمة أو المقطوعة أو الأخشاب الجذلة وغير الجذلة •
أثناء تخزينها أو استعمالها ومن الصعب تجنب هذا التلف ومن أمثلتها خارات
الأخشاب التي تقوم بعمل تقصير بالخشب ومن أمثلتها خنافس
Ambrosiabettles

والنمل الأبيض White ants وهذا الأخير يسبب خسائر حوالى

٤٠ مليون دولار سنويا فى أمريكا • يمكن تقسيم النمل الأبيض الى ثلاثة مجموعات

أ - مجموعة تصيب الانواع الأرضية •

ب - مجموعة تصيب الأخشاب الرطبة •

ج - مجموعة تصيب الأخشاب الجافة •

٣ - الثغارات البحرية : Marine borers

وهى أنواع من الملائكة الحيوانية تصيب الأخشاب المغمورة فى مياه

البحر وقرب الشواطئ • وهى أكثر انتشارا فى المناطق الحارة وتنقسم الى :

أ - الحيوانات الرخوية • Mollusk borers

مثل أنواع Teredo & Bankia وهى ذات شكل دودى تصل

فى الطول الى ٣٠ سم وفى القطر حوالى ٥ و ٢ سم •

ب - الحيوانات القشرية crustacea

مثل Pyric action, Limnorea & sphaeroma

٤ - الحشرات :

سبب تلف كبير فى الغابات وخسائر سنوية تتوقف على مدى الإصابة

ورطوبة الخشب يمكن مقاومة الحشرى باستعمال الكيماويات التى تعمق الاحتراق •

• التآكل والعوامل الجيئة : Mechanical wear

الخشب مادة هيجروسكوبية فذا تعرضت الأخشاب الفسـهـر
مد هوسنة للموامل الجيئة فان الخشب يمتص الرطوبة ويفقد ها بسهولة فيتموض
الى دورات من الانتفاخ والانكماش تساهم على تسد هور حالته •

الكيمياءات المستعملة فى حفظ الأخشاب :

تستعمل مواد كيميائية للحفاظة على الأخشاب من التلف فتكسبها مناعسة
ضد الاصابة بالفطر أو الحشرات أو التخفارات الحية بموجب أن يتوافر نفسى
هذه المواد الصفات العامة •

- ١ - سميتها للكائنات الحية التى تضر الخشب •
- ٢ - أن تكون ثابتة لا تتحلل بسهولة •
- ٣ - قسادة على تظل الخشب •
- ٤ - سهلتلند اول بأمان ولا تضر الخشب وغير موجرة على تأكل المعادن ولا نسلون
الخشب اذا تطلب استعماله ذلك •

وأنسواع حافظات الأخشاب هسى :

١ - المطاليل الزيتية :

مثل كريسوت ذار الفحم وحاليل الكريسوت مع الفحم أو البترول هتاز كريسوت
قار الفحم بشدة السموة وعدم ذوانه نسبيا فى الماء وشبانه وسببهه أن له رائحة

يؤدي الاهمال في استعماله الى حرق جلود العمال المشتغلين به وخصوصاً
دهان الأخشاب المعالجة .

٢ - المحاليل المائية للكهارات السامة :

وهي تحتوي على الأملاح الآتية : الزنك ، الكروم ، النحاس ،
الزرنيخ ، مثل كلوريد الزنك ، وزرنيخات النحاس الأمونية وحسن أمثلة هذه
الكهارات الحافظة
Chlorinated naphthalenes,
Nuphthenates, Pentachlorophenol.

ومن ميزات المحاليل المائية رخص الماء وسهولة الاستعمال وتعمل الأخشاب في
الماء والأتاآت لانها لا تعطي للخشب لون غير مقبول ومن عيوبها تصبب أنبعاث
الخشب المعالج وغير ثابتة نتيجة ذوبانها في الماء فلا تستعمل لمعالجة
الأخشاب التي تلامس الأرض أو الرطوبة .

تحضير الخشب للمعالجة بالكهارات :

يجب قبل اجراء معالجة للأخشاب حديثة القطع بالكهارات تقشير الخشب
فسم تجفيفه بالهواء لأن وجود رطوبة عالية قد يعمق دخول المواد الحافظة .
وقد يتم التجفيف صناعياً بالتسخين ثم يخلخل الهواء فيه فقد الخشب جزءاً من
الرطوبة ويحسن اجراء المعالجة بعد تقطيع الأخشاب .

الطرق المستخدمة في حفظ الأخشاب :

١ - الطرق المادية بدون ضغط صناعي :

أ - السرش والدهان : يكون عمق الطبقة المعالجة $\frac{1}{16}$ من البوصة

وتعطى حاية للخشب من ١ - ٣ سنة .

ب - الغمس : يتم ذلك في كبريتات تار الفحم الساخن لدرجة

٩٤ °م لمدة تتراوح بين عدة ثواني الى ١٥ دقيقة ثم ترفع الأخشاب

وتصفى وعل عمق العلاج الى $\frac{1}{8}$ بوصة وتعطى حاية من

٢ - ٤ سنوات .

ج - النقع : يتم ذلك في المحاليل الكيميائية لمدة تتراوح بين

١ - ٢ أسبوع وتعطى حاية تتراوح بين ٧ - ٨ سنوات اذا -

استعمل كلوريد الزنك .

د - الحمام الساخن والبارد : يتم ذلك بتسخين الخشب المراد معالجته

في حوض مفتوح مملوء بكبريتات تار الفحم او غيره من الزيوت فيتمدد

داخل الخشب يخرج ثم تغمر الأخشاب بعد ذلك بسرعة في حمام

من الزيت البارد لمدة ساعات اخرى فينكش الهواء داخل الخشب

وتدخل كمية مواد حافظة له أكثر .

وهناك عدة طرق أخرى لمعالجة الأخشاب الخضراء وتتلخص جميعها في
إحاطة الأخشاب بالكهيمات الحافظة بطريقة أو أخرى مثل التغطية بلفافيات
مبتلة بالكهيمات أو للغمر في حوض به الكهيمات أو عمل ثقوب بالخشب وملئها
بالكهيمات . . . الخ . فننشر المادة الكيميائية مع المعصرة الموجودة داخل
الخشب الأخضر فنقتل القطر والحشرات الضارة بالخشب .

٢ - الطرق المعملة في حفظ الأخشاب مع استعمال ضغط صناعي

وهي أكثر الطرق استعمالا وشيوعا في الوقت الحاضر وتتنازع حول
المادة الكيميائية الحافظة إلى اعاق كبيرة بطريقة أكثر انتظاما كما ان الخشب
يتمتع كميات كبيرة من المادة الحافظة . اما عيوبها فتتجلى في كثرة التكاليف
والأجهزة .

معلومات احتراق الخشب : Fire retardants

تتمثل عدة مجاميع من المواد الكيميائية كمعوقات لاحتراق الخشب
فهو تقلل التهاب واحتراق الأخشاب وبعض نظرات معوقات الاحتراق يمكن
تلخيصها في الاتي :

١ - استعمال طلاء أو غطاء يمنع اشتعال المطح الخارجي للخشب الملاصق
للجدران .

ب - الدهان بمواد العزل الحرارى أو امتصاص الحرارة مثل الهوركسيس
(Borax) حيث انه يفقد جزيئات ماء التبلور عند ٢٠٠°م

فيمتص الحرارة ويقلل من درجة حرارة السطح الخشبي المعرض للحريق •

ج - استخدام مواد تغير اطار التصلب الحرارى وهذا مالا تحاوله اى مسن
النظريات السابقة التى تحول دون الاحتراق فقط •

وعصمما فان نظريات مصوقات الاحتراق سالفة الذكر وغيرها لا تزال

نظريه ينقصها البحث العلمى والتطبيق العلمى •

تصنيع الاخشاب :

تعددت استعمالات الاخشاب فى الصناعة تلك المادة التى لا يفسد

معيها فى الطبيعة ولهذا كان من الضرورى ان يثير الجزء الاتى من تكنولوجيا

الاخشاب وتطبيقاتها الهندانية فى الصناعة مع التفريق بين المنتجات التى تستخدم

الاخشاب كما هى أو بعد تحويلها آليا ومن الصناعات التى تحول الاخشاب

كيميايا لتعطى نواتج كيميائية لمملهاات انتاج عسجنة الورق أو انتاج المشتقات الملويونية

ومن الصناعات التى تغير من صفات الاخشاب تكنولوجيا كتيبت الاخشاب تجسدها

تغير الرطوبة وصناعة اخشاب البلاستيك وغيرها •

المنتجات الخشبية :

Round timber

١ - الأخشاب المستديرة :

وهي الأخشاب التي تستخدم في الأعمدة وأعمدة المسالك
التليفونات وتنتج من الأشجار بعد إسقاطها وإزالة القلف منها لتسهيل
تجفيفها • وبعد تجفيفها تعامل بالكماليات الحافظة •

٢ - صناعة الأخشاب المنصورة : Lumber industry

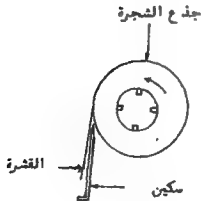
تعتبر هذه الصناعة من أهم صناعات الأخشاب • وتقسم مادة الأخشاب
الصنوعة نهائياً إلى أخشاب صلبة (Hard Wood) ناتجة من
الأخشاب ذات الورق المبيض وأخشاب لينة (Soft Wood) ناتجة
من أخشاب المخروطيات • وتتم صناعة الأخشاب المنصورة بتحويل جذوع
الأشجار إلى ألواح بعد إزالة القلف منها ثم تتم تسوية الألواح وتطلى بمادة
المحددة ثم تقطع بالطول المناسب وتزال الميوب منها • يعقب ذلك عملية
التجفيف بالأفران أو هو أيتها ثم تأتي عملية تسوية سطوح الألواح بواسطة مناشير
التخانة وتقسيم الأخشاب المنصورة إلى درجات مختلفة تحدد على أساس المظهر
الخالى من الميوب وعلى أساس مقاييس الخشب وتستخدم الأخشاب الصلبة
لاغراض البناء والأعمال الإنشائية وهي الأخشاب ذات الصلابة الأقل من • بومات •

٣ - أخشاب القشرة والابلكاج : Veneers and plywood

وهي عبارة عن رقائق رقيقة من الخشب ذات سمك منتظم يحصل عليها من عملية تقشير (peeling) أو تجزئ (slicing) أو نشر للجذوع والكتل الخشبية ويمكن تجهيز الرقائق الخشبية أو القشرة بأحدى الطرق الآتية :

أ - القشرة المقطوعة دائياً : Rotary _ out veneer

تقشر جذوع الأشجار بعد إزالة القلف بواسطة أسلحة مناخير خاصة (Lathe) وتعطى رصاً مما ماً للالوان وتتخلص العملية منسى ادارة جذع الشجرة حول محور أمام سلاح يمتد بطول الكتلة المقشرة مسع تمام جزء من ماكينة التقشير (مضيق الضغط) " (Pressure bar) بالضغط على الكتلة فوق طرف سكين وادارة جذع الشجرة حول محوره تبسداً القشرة في الظهور . وبعض



انواع الخشب يجب تعرضها لعملية تبخير (steaming) قبل القطع فالحرارة العالية والرطوبة العالية تغير من صفات الخشب الطبيعية وتجعله أكثر مرونة تقلل من تعرضه للكسر

والانهيار • يجب أن تكون القشرة ذات سمك منتظم وسطح ناعم خالي من
الميوب والتشققات •

ب - القشرة بالقطع المخروطي : Cone cutting

وهو إنتاج القشرة بطريقة تشابه هيئة القلم الرصاص فنحصل على قطع
دائرية من القشرة عالية القيمة تصلح للبانوهات والموائد المستديرة •
بعد الحصول على شرائط القشرة تقطع الى أحجام محددة وتزال
منها الميوب والمقد وتجفف هوائيا أو بالآفران لازالة الرطوبة العالية
الموجودة فيها عند إنتاجها وجفافات القشرة عبارة عن غرف مزودة بمعدات
التصخير وأحزمة ناقلية لتحمل القشرة لتجف داخل الجفف • أو عبارة عن غرف
مزودة بمعدة طبقات من الألياف توضع على سطحها الملوى القشرة ثم تضغط
كل الألياف فوق بعضها أثناء التجفيف لمنع القشرة من الانحماج نتيجة الانكماش
عند التجفيف وتظل مسطحة وتفتح الألواح المكونة للألياف على فترات
لتسهيل خروج الرطوبة بالقشرة أثناء التجفيف •

صناعة الألياف : Plywood industry

يصنع الألياف بملصق طبقات من الرقائق الخشبية فوق بعضها بحيث يكون
اتجاه الألياف في أحدهما عكس الطبقة التي تليها وهذا يحمي للألياف

موزة نهاه تجاه موشرات الرطوبة وأعداده بحيث يعطى متانة عالية ويظهر
أفضل . وأبسط أنواع الأبلكاكج هو ذى الثلاث طبقات والطبقة الوسطى القلب
قد يكون من الخشب الجيبى فتسمى (core) وقد تكون من القشرة
أيضا فتسمى (center ply) يجب تجفيف ألواح القشرة السقى
ستكون وجبى لوح الأبلكاكج للدرجة المطلوبة . ثم تمهيد حواف الرقائق ثم تحضير
المواح القلب بعد نشر الفراء عليها تدفع مع الواح وجبى الأبلكاكج الى الكبس
لاتمام عملية اللصق . وتتمعمل اللواصق الراتنجية لى الصناعة وتنقسم الى
النوعين الاتيين :

أ - thermosetting وهى التى تتصلب وتكون نهلم صلب قوى تحت
ظروف الحرارة والضغط العالى بمجرد تصلبها لا تلين ثانية بالحرارة وسن
أمثلتها فينول فورمالدهيد :

- Phenol - formaldehyde

وهو يعطى رابطة قوية فى خلط الفراء وقد يستعمل فى مذيئات للتجفيف -
وجوبا فورمالدهيد Urea - formaldehyde وهو يعطى خط فسراء
عديم اللون ويتصلب عند درجات حرارة منخفضة .

ب - thermolastic وهى تظل بدون تصلب حتى تبرد بعد التصلب
فانها تلين ثانية عند اعادة التسخين بعد التبريد تتصلب مرة أخرى أكثر

وهي لا تحتاج لمكبس حرارى لانتاج الواح الأيلاكاج .

يجب مراعاة الوقت الذى يمر ما بين فرد الفراء على الرقائق الخشبية وبين كبسها حتى يكون تماسك الألواح تام وهذا الوقت دالة لدرجة الحرارة ونسوع المادة اللاصقة . وتوضع الألواح بينها الفراء تحت مكابس هيدروليكية تعطى ضغط بين ١٥٠ - ٢٥٠ رطل على البوصة السبعة ويتراوح زمن الكبس من ١ - ٣٠ دقيقة حسب سمك الألواح الناتجة وتستخدم حرارة حوالى ٢٣٠ - ٣٥٠ °ف

وفى بعض الأحيان تصنع أخشاب كثيفة (High-density wood) بضغط الرقائق الخشبية بمنتجات خاصة مع استخدام ضغط ٢٠٠٠ رطل على البوصة السبعة ومن أمثلتها أخشاب الكمبرج (compreg) .

وتعتبر هذه الطريقة احدى طرق معالجة الأخشاب لتثبيتها تجاه تغيرات الرطوبة وأعطائها متانة عالية للغاية فيما عدا مقاومة الصدم .

٤ - خشب الألواح المركبة : Composition board

تعتمد صناعة أخشاب الألواح المركبة على الخشب كمادة خام وذلك بامتعال منتجات الصناعات الخشبية وتنقسم منتجات الألواح المركبة الى الخشب اللوى (Fiber board) وفيه يفتت الخشب الى ألياف ثم تجتمع هذه الألياف ومكبس تحت تأثير الحرارة لتمتلى الألواح الصلبة المطلوبة وقد تتم هذه العملية بدون ضغط . أما الخشب الجيبى

فيصنع من جزئيات منفصلة من الخشب أو متبقيات صناعات خشبية أخرى لا تصلح للإنتاج الخشبي الصناعي إلا في حالة كهذه أو استخداها كعدر لمجينة الورق ثم تلمسق مما من طسريق الراتنجات الخشبية •

صناعة الخشب اللهي : Fiber board

تنقسم الأخشاب اللهية الى الواح عازلة (insulation)
والواح مضغوطة (Hard board) والالواح العازلة ذات كثافة لا تزيد
عن ٢٥ رطل / قدم مكعب وتتميز بأنها عازلة للحرارة والصوت وتصنع المادة الخام
لهذه الالواح بالطحن الميكانيكي للبقايا الخشبية بعد المعاملة بالبخار أو النقع
في الماء يمكن خلط المجينة ببعض البقايا النباتية السلولوزية أو الورق للحصول على
الصفات المطلوبة ثم تنقى المجينة ويضاف لها مواد ضد الماء (proofing)
ثم يدفع تيار المجينة المائل فوق شبكة لعرف الماء ثم تدفع الكتلة لتبرين اسطوانتين
لتمطيتها قواما أفضل وتضغطها ثم تقطع وتجفف للحصول على الالواح القوية •
أما الالواح المضغوطة فهي أكثر كثافة حيث أنها تصل الى ٥٠ - ٢٥ رطل /
قدم مكعب وتستخدم لتغطية الحوائط وتصنع بتحويل المادة الخشبية الى ألواح عن
طريق تسخينها لفترة بالبخار تحت ضغط ١٥٠ رطل / بوصة مربعة ودرجة حرارة
١٥٠ - ١٨٠ °م ثم تنقى المجينة من الشوائب ويضاف لها مواد ضد الماء proofing
ثم تضغط نسبيا وتدخل الكبس وسها حوالي ٦٠ ٪ رطوبة وتستخدم في الكبس

حرارة تتراوح بين ١٢٠ - ١٥٠°م وضغط يصل الى ٧٠٠ رطل / بوصة مربعة وتوضع المجنبة على شبكات للتخلص من الماء وقد يضاف اليها ٢٪ فينول فورمالدهيد لزيادة متانة الألواح الصلبة الناتجة • يجب عمل تهوية حسنة حول الألواح والا تعرضت لخطر الحرارة المرتفعة واحداث حريق •

صناعة الخشب الجبهي : Particle board

يصنع الخشب الجبهي من جننات خشبية أو بقايا الصناعات الخشبية وقسده تستخدم ماكينات خاصة لتجزئ الخشب الى قطع خشبية ثم تجفف الجبهيات الخشبية في مجففات خاصة لتصير درجة رطوبتها بين ٥ - ١٢ ٪ ثم يضاف اليها راتنجات اليوريا فورمالدهيد أو الفينول فورمالدهيد والراتنجات الأخيرة تتناثر بثباتها تجاه التحلل الهوى • يجب أن تغطى الراتنجات الصائقة كل الجننات الخشبية حتى تحصل على قوة لاصق عالية • بعد الحصول على لوح جبهي متجانس بقدر الامكان وهو غالبا يتكون من ٣ طبقات طبقة وسطى خشنة وطبقتين جانبيتين ذو جننات خشبية منتظمة لحد ما - يتم كس اللوح اما بالضغط السطح (Flat Pressing) أو بالكبس الرأسي (Extrusion) وفي الطريقة الاولى تستخدم انجران ذات أرفف حيث يتم الكبس على درجة ١٠٠ - ١٠٤°م في حالة استعمال راتنجات اليوريا فورمالدهيد • اما في الطريقة الثانية فتدفع الجننات الخشبية وهي مغطاه بالراتنجات خلال فورمة حيث يوجه الضغط في اتجاه طول اللوح والأخشاب المنتجة بطريقة الضغط المسطح ذات خواص ميكانيكية أفضل من تلك المنتجة بطريقة الكبس •

طرق اختبار الأخشاب م. ق. ٥٠٠ / ٦٥٠ / ١٩٦٥

(١) اختبار محتوى الرطوبة

Determination of
moisture content.

المسرف من الاختبار :

تحديد محتوى الرطوبة بالأخشاب .

خطوات الاختبار :

١ - تقطع قطعة صغيرة من الخشب من عينة الاختبار بعد إجراء أى اختبار
ميكانيكى عليها مباشرة وتكون العينة على هيئة شريحة مستعرضة بمسك حوالى
٢.٥ سم بالقرب من منطقة الكسر .

٢ - توزن العينة وليكن وزنها (و) ثم تجفف فى فرن درجة حرارته ١٠٠ °م الى
١٠٥ °م حيث يثبت الوزن وليكن (١) .

النتائج :

تحسب النسبة المئوية لمحتوى الرطوبة من العلاقة الآتية :
النسبة المئوية لمحتوى الرطوبة =

$$\frac{\text{الوزن قبل التجفيف} - \text{الوزن بعد التجفيف}}{100} \times 100 = \text{م. ق.}$$
$$100 \times \frac{و - ١}{١} = \text{م. ق.}$$

(٢) اختبار مقاومة الانضغاط للخشب

Compressive strength
for timber.

الغرض من الاختبار :

تعيين مقاومة الانضغاط للأخشاب في الاتجاه الموازي لترتيب الألياف
والاتجاه العمودي على ترتيب الألياف كما مبين بالشكل رقم (١)
أ - مقاومة الانضغاط في اتجاه مواز لترتيب الألياف :

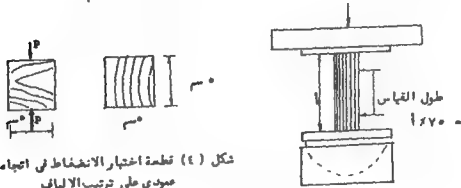
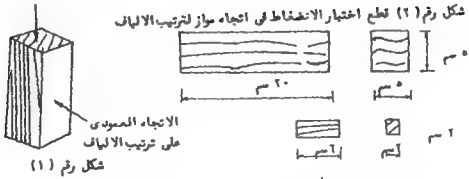
عنونة الاختبار :

يكون شكل وأبعاد وقطع الاختبار القياسية إما ذات مقطع
 5×5 سم وطول ٢٠ سم أو ذات مقطع 2×2 سم وطول ٦ سم
كما هو في الشكل رقم (٢)

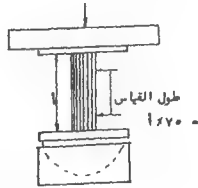
خطوات الاختبار :

١ - تجرى الاختبارات على أي من هاتين العنيتين القاسيتين بالطريقة المبينة
بشكل رقم (٢)

الاتجاه الموازي لترتيب الاليف



شكل (٣) الانضغاط في اتجاه مواز لترتيب الاليف



- ٢ - يكون التحميل على قطعة الاختبار بحيث يكون معدل التشكيل (الانضغاط) ثابتا قيمته $0.635 \text{ سم} / \text{الدقيقة} \pm 20\%$ والدقة في قياس أبعاد عينات الاختبار لا تقل عن 0.3% .

ملحوظة :

يجب أن تكون نهايتا قطعة الاختبار ناعمة ومتوازنة وعمودية على المحور كما يكون تركيب مكثات الاختبار بحيث يضمن توازي لوحى فكى التحميل اللذين توضع بينهما قطع الاختبار وظلا متوازيين وإلى فترة الاختبار وإذا لم تتخذ هذه الاحتياطات تكون القيمة الناتجة من الاختبارات أقل من القيم الحقيقية .

النتائج :

بغرض أن أبعاد صينة الاختبار :

م = مساحة المقطع المربع .

ل = طول القياس بالسنتيمتر مقاسا بين نقطتى مقياس الاستطالة

(يجب ألا يزيد طول القياس عن ١٥ سم لقطعة الاختبار التى

طولها ٢٥ سم ولا يزيد عن ٤ سم لقطعة الاختبار التى

طولها ٦ سم) .

تؤخذ قراءات منحنيات الحمل والتشكل على الجزء الأوسط لطول القياسي ويجب أن يحتمر تسجيل قراءات الحمل والتشكل لبقاء بروتكل تجاوز قيم حد التناسب بدرجة ملائمة .

و = الحمل بالكيلوجرام عند حد التناسب .

و ١ = حمل الكسر بالكيلوجرام .

Δ ل = التشكل بالستيمتر عند حد التناسب .

• • • • • اجهاد الانضغاط عند حد التناسب = $\frac{W}{A} \text{ كجم / سم}^2$

مقاومة الكسر عند أقصى حمل = $\frac{W}{A} \text{ كجم / سم}^2$

معايير المرونة = $\frac{W}{\Delta L} \text{ كجم / سم}^2$

ب - مقاومة الانضغاط في اتجاه عمودي على ترتيب الألياف :

عبئة الاختبار :

يكون شكل وأبعاد قطع الاختبار مكعب طول ضلعة ٥ سم كما بالمكمل

رقم (٤) .

طُـبـقـات الاختبار :

يجرى الاختبار على المينة السابقة بطريقة ماثلة لطريقة إجراء اختبار مقاومة الانضغاط في اتجاه مواز لترتيب الألياف ويجب إجراء هذا الاختبار في كل من الاتجاهين القطري والسامي ويكون التحميل على قطعة الاختبار بحيث يكون معدل التشكل ثابتاً وقيمته $0.635 \text{ ر. سم} / \text{الدقيقة} \pm 20\%$ وتكون الدقة في قياس أبعاد عينات الاختبار لا تقل عن 0.3% .

يجب أن تكون نهايتا قطعة الاختبار ناعمة وتوازنة وصمودية طسي المحور كما يكون تركيب مكثات الاختبار بحيث يضمن توازي لوحى فكى التحميل اللذين توضع بينهما قطع الاختبار وظلاً متوازيين طوال فترة الاختبار .

النتائج : يستنتج من منحى الحمل والتشكل ما يلي :

- و = الحمل بالكيلو جرام عند حد التناسب .
- و ١ = الحمل بالكيلو جرام عند انضغاط قيمته 0.635 ر. سم .
- و ٢ = أقصى حمل بالكيلو جرام في حالة الكسر قبل الوصول الى تشكل قيمته 0.635 ر. سم .

الخطوات الميكانيكية الواجب حسابها :

- أجهاد الانضغاط عند حد التناسب = $\frac{W}{F}$ كجم / سم^٢
- أجهاد الانضغاط عند تشكل قيمته 0.635 ر. سم (انفعال قيمته
- 0.635 ر. سم = $\frac{W_1}{F}$ كجم / سم^٢
- مقاومة الكسر عند أقصى حمل = $\frac{W_2}{F}$ كجم / سم^٢
- حيث F = مساحة المقطع العمودي على اتجاه الحمل
- بالمستقيم المربع .

(٢) اختبار مقاومة الشد للخشب

Determination of tensile
strength of timber.

المسروض من الاختبار :

تمهين مقاومة الشد في الاتجاه الموازي لترتيب الألياف والاتجاه
العمودي على ترتيب الألياف ..

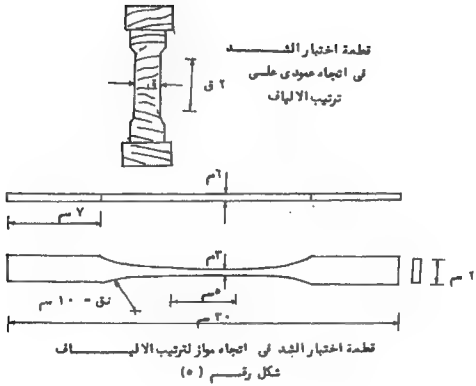
أ ... مقاومة الشد في اتجاه مواز لترتيب الألياف :

هيمنة الاختبار :

يوضح الشكل رقم (٥) شكل وأبعاد قطعة الاختبار المستخدمة
لتمهين مقاومة الشد في اتجاه مواز لترتيب الألياف .

خطوات الاختبار :

- ١ - توضع قطعة الاختبار بحيث يكون اتجاه حلقات النمو المنتهية على أكبر مساحة
مقطع للمينة وتقاس الأبعاد الفعلية لأصغر مقطع بها .
- ٢ - يسلط الحمل على نهايتي قطعة الاختبار بواسطة كلالات محتوية وسننطة
تدفع في خشب المينة قبل بداية الاختبار .



- ٣ - تؤخذ القراءات اللازمة لعمل منحنيات الحمل والامتطالة على أساس طول قياسي يساوي ٥ سم في الجزء الأوسط من العينة عند اللزوم .
- ٤ - يسلط الحمل على قطعة الاختبار بمعدل سرعة ثابت لرأس التحميل مقداره ٥ ١٢ مم / الدقيقة .

النتائج :

يفترض أن :

- م = أقل مساحة مقطع للطول المختبر بالمتنمتر الموسع .
- ل = طول القياس بالمتنمتر بين نقطتي مقياس الامتطالة
- و مستنتج من منحنى الحمل والامتطالة ما يلي :
- و = الحمل بالكيلو جرام عند حد التناسب .
- و ١ = أقصى حمل بالكيلو جرام .
- ل = الامتطالة بالمتنمتر عند حد التناسب .

فتكون الخواص الواجب حسابها كالآتي :

$$\text{اجهاد الشد عند حد التناسب} = \frac{2}{\text{م}} \text{ كجم / سم}^2$$

$$\text{اجهاد الشد عند أقصى حمل} = \frac{2}{\text{م}} \text{ كجم / سم}^2$$

$$\text{معايير المرونسة} = \frac{\text{و} \cdot \text{ل}}{\Delta \cdot \text{ل}}$$

ب - مقاومة القذ في اتجاه عمودي على ترتيب الألياف :

محنة الاختبار :

تكون أبعاد وشكل قطعة الاختبار كما في الشكل رقم (٥) .

خطوات الاختبار :

يكون التحميل بواسطة كلابات من جنس من مع أخذ الاحتياطات المناسبة لضمان محورية التحميل . ويصلط الحمل على قطعة الاختبار بمعدل سرعة ثابتة لرأس التحميل قيمته ٢٥ ر.م / الدقيقة .

النتائج :

يجب أن يبين اتجاه حمل القذ المسلط اذا كان قطريا أو مائلا .

ر = مساحة مقطع قطعة الاختبار بالسنتيمتر

د = أقصى حمل بالكيلو جرام .

الخواص الواجب حسابها :

أجهد القذ قطريا أو مائلا = $\frac{3}{r}$ كجم / سم^٢

(٤) اختبار مقاومة الانحناء الاستاتيكي للخشب :

Static bending strength for
timber.

يجرى الاختبار الاستاتيكي أما بطريقة التحميل في المنتصف أو بطريقة التحميل في نقطتين كما هو مبين بالشكل رقم (٦) .

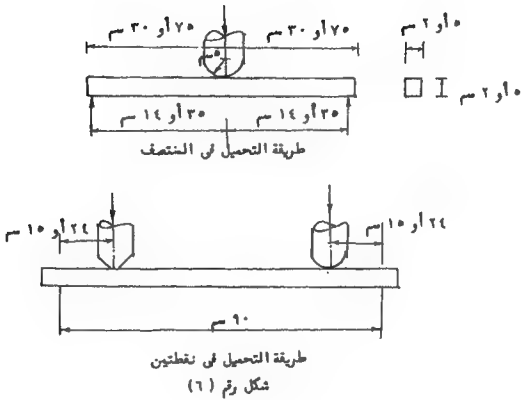
وعند إجراء الاختبارات القياسية بصفة عامة على الأخشاب لمقاومة الفواصل المختلفة منها فإن طريقة التحميل في المنتصف تكون ذات دقة كافية . وعند الحاجة إلى تعيين معايير المرونة بدقة أكثر كما هو الحال على سهيل الشال عند حساب بعض الاجهادات (.

فيجب باستخدام طريقة التحميل في نقطتين وتعرض الكمية في هذه الطريقة إلى عزم انحناء ثابت على جزء ملموس من طولها يمكن حساب معايير المرونة دون الحاجة إلى أي سماح نتيجة لمهم الانحناء الناتج عن القص والذي يحدث على امتداد الطول الكلي للكمرة التي تحمّل في المنتصف .

عينة الاختبار :

١ - تكون أبعاد عينة الاختبار في طريقة التحميل في المنتصف ٥ سم × ٥ سم × ٢٥ سم

أو ٢ سم × ٢ سم × ٣٠ سم .



٢ - تكون أبعاد عينة الاختبار في طريقة التحميل في نقطتين

٥ سم × ٥ سم × ١٠٠ سم ٠ وفي حالة الأخشاب التي تكون أبعادها أكثر تقارباً يمكن استخدام قطعة أخشاب عرضها ٥ ر ٢ سم بدلاً من القطعة القياسية ذات طول ضلع القطر ٥ سم عند إجراء اختبارها بطريقة التحميل في نقطتين ٠

خطوات الاختبار :

يكون عنق الكرة بالنسبة للقطعة القياسية ٥ سم مواز للوجه القسطري لقطعة الاختبار ويكون اتجاه حلقات النمو السنوية في حالة عينة الاختبار القياسية ٦ سم مواز لاتجاه التحميل وتكون المسافة بين نقطتي الارتكاز لقطعة الاختبار عند اتباع طريقة التحميل في المنتصف ٢٠ سم أو ٢٨ سم وفقاً لقطعة الاختبار القياسية المستعملة حسب الحمل كما في الشكل رقم (٦) بمعدل سرعة ثابت لرأس التحميل مقداره ٢٥ ر ٠ سم / الدقيقة على قطعة الاختبار القياسية ٥ سم أما في حالة قطعة الاختبار القياسية ٢ سم يكون هذا المعدل ٢٥ ر ٠ سم / الدقيقة ويكون شكل دوران رأس التحميل كما في الشكل رقم (٦) للقطعة القياسية ٥ سم ويكون بنفس الشكل للقطعة القياسية ٢ سم (ولكن نصف القطر ٣ سم)

وتكون المسافة بين نقطتي الارتكاز بالنسبة لطريقة التحميل في نقطتين ٩٠ سم كما تكون المسافة بين نقطتي تسليط الحمل والركائز بالشكل رقم (٦) ١٥ سم بحسب

الحبل بمعدل سرعة ثابت لرأس التحميل مقداره ٣٥ سم / الدقيقة .

يجب أن ترتكز قطع الاختبار عند نهايتها بطريقة تضمن تمام حركتها لتتبع فعل الانحناء دون أي تعهد بنتيجة الاحتكاك الذي قد يقاسم الانحناء بعمل على خلق اجهادات في الاتجاه الطولي . يجب أن يقاس سهم الانحناء عند منتصف الطول بالنسبة للنقط الخارجية للتحميل في طريقة التحميل في المنتصف والنسبة لنهايتي طول القياس في طريقة التحميل في نقطتين .

التأشير :

أبعاد قطعة الاختبار :

- أ = العرض بالسنتيمتر .
- ب = العمق بالسنتيمتر .
- ل = طول القياس بالسنتيمتر (الطريقة الثانية) .
- ل ١ = البعد بين نقطة تأثير الحمل والركيزة = ١٥ سم (الطريقة الثانية) .
- ل ٢ = بحر الكمر = ٧٠ سم أو ٢٨ سم (الطريقة الاولى) .
- ومن منحني الحمل وسهم الانحناء نحصل على الآتي :
- ١ و = أقصى حمل بالكيلو جرام .
- ٢ و = الحمل عند حد التناوب بالكيلو جرام

- ٥ = سهم الانحناء عند منتصف البحر مقدار المستقيمات مستند
حد التناسب *
- ١ = المساحة تحت منحنى الحل وسهم الانحناء حتى حد التناسب
مقدرة بالكيلو جرام / سم *
- ٢ = المساحة تحت منحنى الحل وسهم الانحناء حتى أقصى حل مقدرا
بالكيلو جرام / سم *
- ٣ = معاير مرونة الخشب *

ملحوظة :

يحسب معاير المرونة في المنطقة الثانية تقريباً بأخبار الكسرة عليها
علم انحناء ثابت طي طول بحر = طول القياس ل *

المفردات الحسابية في الجداول التكميلية

رقم جدول	المطابق	المطابق الأول	المطابق الثاني
١	الاجزاء في الاكسالات / سم منه حصه التناقص	$\frac{٢٠٠ \text{ ل } ٢}{٢}$	$\frac{٢٠٠ \text{ ل } ٢}{٢}$
٢	الاجزاء الكافية في الاكسالات (كم / سم) منه أقصى حل	$\frac{٢٠٠ \text{ ل } ٢}{٢}$	$\frac{٢٠٠ \text{ ل } ٢}{٢}$
٣	اجزاء الفساق في الاكسالات (كم / سم) منه أقصى حل التناقص	$\frac{٢٠٠ \text{ ل } ٢}{٢}$	$\frac{٢٠٠ \text{ ل } ٢}{٢}$

تابع الجهد ول المسار

٤	معايير البرمجة كجم / سم ^٢		$\frac{٢^٣ \text{ و } ٢^٢ \text{ ل } ١٠٢٠٣}{٣ \text{ أ } ٢ \text{ ب } ٣}$	$\frac{٢^٢ \text{ ل } ١٠٢٠٣}{٣ \text{ أ } ٢ \text{ ب } ٣}$
•	أبعاد القص الاتقي (كجم / سم ^٢) مستوى التواء ل عند أقصى حمل		$\frac{١٠٢}{٣ \text{ أ } ٢ \text{ ب } ٣}$	<p>عند التواء = صفر</p> <p>عند التواءات =</p> $\frac{١٠٢}{٣ \text{ أ } ٢ \text{ ب } ٣}$
٦	العمل المبذول (كجم / سم ^٣) حقى حل عند التواء		$\frac{١٠٢}{٣ \text{ أ } ٢ \text{ ب } ٣}$	$\frac{١٠٢}{٣ \text{ أ } ٢ \text{ ب } ٣}$
٧	العمل المبذول (كجم / سم ^٣) عند أقصى حمل		$\frac{٢}{٣ \text{ أ } ٢ \text{ ب } ٣}$	لا يحصل

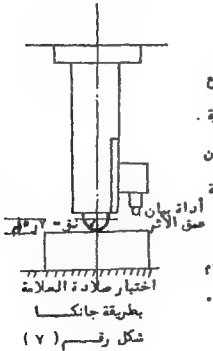
(٥) اختبار صلادة العلامة بطريقة جانكسا

Janka indentation test

مهيئة الاختبار :

يستخدم في اختبار صلادة العلامة بطريقة جانكا اما قطعة الاختبار القياسية ٥ سم والتي تكون أبعادها ٥ سم × ٥ سم × ١٥ سم وتقطع قطرياً ومماسياً . وتستخدم قطعة الاختبار القياسية ٢ سم والتي تكون أبعادها ٢ سم × ٢ سم × ٦ سم .

خطوات الاختبار :

- ١ - يقتضى الاختبار تحديد الحمل اللازم لدفع قضيب من الصلب نهايته على شكل نصف كرة . قطرها ١١,٤ + ٥٥ و ٥٥ مم أو بدفع كرة من الصلب لها نفس القطر داخل قطعة الاختبار الى عمق يعاوى ٧,٥ مم .
 - ٢ - والفكل رقم (٧) يبين الجهاز المستخدم لاجراء الاختبار وه اداة ليهان على الاثر .
- 
- أداة ليهان
صق الأثر
اختبار صلادة العلامة
بطريقة جانكسا
شكل رقم (٧)

وتمعمل نفس الجهاز عند استخدام قطعة الاختبار القياسية ٢ سم
والتي يجب أن تثبت بين قطع من نفس فصيلة العينة المختبرة لإنهاء المصافة وتكهن
كتلة مع القطعة المختبرة مسطحها حوالي ١٢ سم ٢ ويكون معدل اختراق
أداة الصلادة لكل من العينتين القياسيتين ٥ سم ٢ سم ثابتة
وقدأره ٦ م / دقيقة .

٣ - يجرى تحديد قيم النتائج على قطعة الاختبار القياسية ٥ سم على المسطح
القطري والمماسية وكل من سطحى النهايتين .

أما بالنسبة لقطعة الاختبار القياسية ٢ سم فتحدد القيم على المسطح
القطري والمماسية فقط والأسطح القطرية والمماسية المختارة لاجراء الاختبار
عليها يجب أن تقارب في مظهرها تماما الحالة القطرية والمماسية الحقيقية
كما يجب أن يكون أثر الاختراق بعمدا بعدا كافيا عن نهايات عينة الاختبار
منعاً لحدوث أى تشقق .

النتائج :

تدون نتائج الاختبار (الحمل اللازم) لكل من نسوى قطع الاختبار ونسم
المقارنة .

(٦) اختبار القص في اتجاه مواز لترتيب الالياف

Shear test

عينة الاختبار :

تكون عينة الاختبار المستخدمة على شكل مكعب طول ضلعه

• سم أو ٢ سم كما بالشكل رقم (٨) •

خطوات الاختبار :

١ - يوضح الشكل رقم (٩) شكل الجهاز المستخدم مع قطعة الاختبار

• سم •

٢ - يسلط الحمل بسرعة ثابتة للرأس المتحركة مقدارها ١٢٥ ر.م / الدقيقة

وتستخدم نفس السرعة مع قطعة الاختبار ٢ سم التي يجب أن تختبر

بجهاز كالبيان في الشكل رقم (١٠) •

٣ - يكون القص في اتجاه مواز للاتجاه الطولي لترتيب الالياف يجرى الاختبار

بحيث يكون مستوى الانهيار للقص مواز للاتجاه السامس لترتيب الالياف

أيضا • بحيث يكون مستوى انهيار القص مواز للاتجاه القطري •

التسميات :

- (يجب أن يبين إذا كان سطح انبهار القن قطعا أو مساحيا)
 - = المساحة الواقعة تحت القن (سم^٢)
 - = أقصى حمل للقن الكيلو جرام
 - الخصائص الواجب حسابها
 - المتوسط الظاهري لأجهاد القن =
- $\frac{\text{كجم}}{\text{سم}^2}$ (قطعا أو مساحيا)

» »

»

(٧) اختبار الصدم للخشب

Impact test for

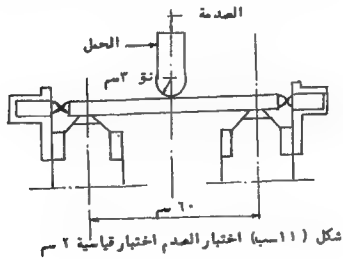
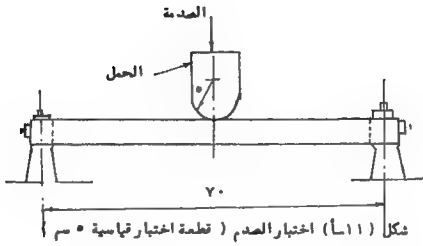
timber.

مينة الاختبار :

يستخدم في اختبار الصدم اما قطعة الاختبار القياسية ٥ سم والتي أبعادها
٥ سم × ٥ سم × ٧٥ سم أو قطعة الاختبار القياسية ٢ سم والتي أبعادها
٢ سم × ٢ سم × ٣٠ سم .

خطوات الاختبار :

يوضح الشكل رقم (١١ - أ) رسماً تخطيطياً لطريقة اجراء الاختبار
في حالة استخدام قطعة الاختبار القياسية ٥ سم . يجب ضمان تثبيت الجهاز
على اساس صلب بساير ربط وتوضع قطعة الاختبار في المكثة بحيث تكون المسافة
بين سن محوري الارتكاز ٧٠ سم ويكون مركز حلقات النبو الصنعية (جانب القلب)
الى أعلى ويكون التحميل في منتصف المينة بصددها يشغل مقداره ٢٠ كيلو جرام
وبحسب يكون الثقل حر السقوط من ارتفاعات متزايدة بمعدل منتظم بمقدار ١ سم
بارتفاع سقوط ثبته ٥ سم ثم يزداد هذا الارتفاع بمقدار ٢,٥ سم في كل مرة حتى



الموصول الى ارتفاع سقوط قوته ٢٥ سم وبعد ذلك يزداد هذا الارتفاع بمقدار ٥ سم في كل مرة ويستمر الاختبار حتى يحدث انهيار كامل للعينة أو يصل سهم الانحناء الى ١٥ سم يسجل عندئذ أقصى ارتفاع للثقل الساقط . يوضح الشكل رقم (١١ - ب) رسماً تخطيطياً لجهاز مناسب لاجراء هذا الاختبار في حالة استخدام قطعة الاختبار القياسية ٢ سم يجب ضمان تهيئة اجزاء الجهاز على اساس صلب بواسطة مسامير ربط وتوضع قطعة الاختبار في المكسة بحيث يكون محور الكرة ٦٠ سم وحلقات النمو السنية موازية لاتجاه ضربة الصدم ويكون التحميل في منتصف عينة الاختبار ويصدها بمثل مقدار ٥ ر كجم .

ويجب ان يكون حر السقوط من الارتفاعات متزايدة بمقادير منتظمة ونفس معدل الزيادة المتبع في حالة قطعة الاختبار القياسية ٥ سم .

ويستمر الاختبار حتى يحدث انهيار كامل للعينة أو حتى يصل سهم الانحناء الى ٦ سم يسجل عندئذ أقصى ارتفاع للثقل الساقط .

النتائج :

=====

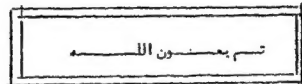
تدون النتائج النهائية :

- | | | |
|---|---|-------------------------------|
| أ | = | عرض قطعة الاختبار بالمتنيمتر |
| ب | = | عمق قطعة الاختبار بالسلم |
| ل | = | بحر الكسوة (٢٠ سم أو ٦٠ سم) |

- ٢٠ كجم (في حالة استخدام قطعة الاختبار القياسية ٥ سم)
- ١٥ كجم (في حالة استخدام قطعة الاختبار القياسية ٢ سم)
- ارتفاع السقوط الذي يحدث عنده تمام الانهيار أو منهم أنخصاء
- قيمه ١٥ سم (في حالة قطعة الاختبار القياسية ٥ سم) أو ٦ سم
- في حالة استخدام قطعة الاختبار القياسية ٢ سم (٥ سم)

* *

*



٢٠١١١٨

٢٠١٨٧٥٦

إهداء

من

مهندس حامد العوا

من ١٩٤٦ إلى ٢٠٠٢

إلى منسبة هندسية

Bibliotheca Alexandrina



0351994